

# **Verkkojen avoin käyttö**

Tekijät (toimielimestä: toimielimen nimi, puheenjohtaja, sihteeri)		Julkaisun laji	
Esa Kerttula, Prof-Tel Oy		Raportti	
		Toimeksiantaja	
		Liikenne- ja viestintäministeriö	
		Toimielimen asettamispäivämäärä	
Julkaisun nimi			
Verkkojen avoin käyttö			
Tiivistelmä			
<p>Tutkimuksessa on selvitetty Open access -verkkojen teknisiä toteutusvaihtoehtoja ja arkkitehtuureja keskittyen pääasiassa kuitupohjaisiin ratkaisuihin. Selvityksessä on päädytty suosittelemaan tason 2 (L2) ratkaisua, missä Open access -operaattori rakentaa siirtoyhteystason verkon ja vastaa tason 2 elektroniikasta ja palvelusta. Tässä ratkaisussa palveluntarjoajilla on käytössään turvallinen ja nopea siirtoyhteysverkko. Palveluntarjoajat hankkivat itse asiakkaansa ja vastaavat IP-osoitteista ja muusta palvelutoiminnasta. Selvityksessä on edelleen suositeltu Open access -verkon L2-ratkaisuksi päästä päähän Ethernet-teknikkaa ja Carrier Ethernet -palvelua ja siinä uusia kansainvälisiä Ethernet-palvelun standardeja (mm. Metro Ethernet, EFM, EPON). Palveluntarjoajat pystyvät tällä ratkaisulla tarjoamaan palveluja ja sovelluksia samassa verkossa sekä kotitalouksille että yrittäjille.</p> <p>Kuituyhteyksiin perustuva ns. "triple play" Open access -monipalveluverkko pitää kehittyneimmillään sisällään Internet-palvelujen laajakaistan, puheensiirtopalvelut (mm. VoIP), videopalvelut (VoD, IPTV) ja reaaliaikaisen TV-ohjelmien siirron (valtakunnalliset, paikalliset ohjelmat).</p> <p>Open access tarkoittaa sitä, että palvelunantajat voivat vapaasti liittyä haluamaansa kuljetusverkkoon samoilla ehdoilla ja että käyttäjät voivat vapaasti valita palveluntarjoajansa. Open access -konseptissa on yleistä, että Open access -operaattori ei itse tarjoa palveluja vaan niistä huolehtivat erilliset palveluntarjoajat. Open access ei ole teknologiakonsepti. Open access on looginen verkkokonsepti, missä voidaan käyttää useita erilaisia teknologioita niin liitältä (access)- kuin muillakin tasoilla.</p> <p>Open access on ollut jo vuodesta 1992 yleisellä tasolla reguloitu vaatimus kiinteitä yhteyksiä tarjoaville operaattoreille. Suomessa tämä malli on toiminut suhteellisen hyvin.</p>			
Avainsanat (asiasanat)			
Open access, laajakaista, kuituverkko			
Muut tiedot			
Yhteyshenkilö / LVM: Kari T. Ojala			
Sarjan nimi ja numero		ISSN	ISBN
Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 76/2005		1457-7488 (painotuote) 1795-4045 (verkkojulkaisu)	952-201-451-6 (painotuote) 952-201-452-4 (verkkojulkaisu)
Kokonaissivumäärä	Kieli	Hinta	Luottamuksellisuus
86	suomi	18 €	julkinen
Jakaja		Kustantaja	
Edita Publishing Oy		Liikenne- ja viestintäministeriö	



Författare (uppgifter om organet: organets namn, ordförande, sekreterare)		Typ av publikation	
Esa Kerttula, Prof-Tel Oy		Rapport	
		Uppdragsgivare	
		Kommunikationsministeriet	
		Datum för tillsättandet av organet	
Publikation			
Open access i telekommunikationsnät			
Referat			
<p>I denna utredning kartläggs alternativa tekniska lösningar och arkitekturer, som kan användas då man implementerar Open access nät. Tyngdpunkten ligger på fiberbaserade lösningar. Utredningen rekommenderar en skikt 2 (L2) lösning, där Open access-operatören bygger transmissionsskiktet och svarar för elektronik och service på skikt 2. Denna lösning ger tjänsteproducenterna tillgång till ett säkert och snabbt transmissionsnät. Tjänsteproducenterna skaffar själva sina kunder och ansvarar för IP-adresser och annan service. Vidare rekommenderar utredningen att man som Open access L2-lösning använder Ethernet-teknik och Carrier Ethernet-tjänster baserade på de nyaste Ethernet-standarderna (bl.a. Metro Ethernet, EFM, EPON). Tjänsteproducenterna kan på detta sätt erbjuda tjänster åt både hushåll och företag, i samma nät.</p> <p>Den mest utvecklade versionen av det s.k. "triple play" Open access nätet tillhandahåller samtidigt Internet bredband, telefonservice (bl.a. VoIP), videotjänster (VoD, IPTV) och överföring av TV-program i realtid (riksomfattande och lokala program).</p> <p>Open access skall bli allmänt koncept i närmaste framtid i många länder, i regionala och kommunala näten i synnerhet. Open access betyder fri tillgång till nätet och tjänster med samma grundprincipen och möjligheter både för dem som erbjuder tjänster och dem som använder tjänster. I Open access-nät olika operatörer behöver inte något eget nät för att nå ett stort antal kunder. Det är allmänt att Open access-operatör själv inte erbjuder de tjänsterna. Open access inte är tekniskt koncept. Open access är logiskt koncept var många olika teknologier och principen inte bara i access-nivå men också i andra nivåer kan användas. De andra Open access-teknologier ändå kan vara bättre än de andra.</p> <p>Open access har fungerat sedan 1992 på den allmänna nivån reglerad fordring för operatörer som erbjuder fast anslutning. I Finland har denna modell fungerat relativt väl.</p>			
Nyckelord			
Open access, bredband, "triple play"			
Övriga uppgifter			
Kontaktperson vid ministeriet: Kari T. Ojala			
Seriens namn och nummer		ISSN	ISBN
Kommunikationsministeriets publikationer 76/2005		1457-7488 (trycksak) 1795-4045 (nätpublikation)	952-201-451-6 (trycksak) 952-201-452-4 (nätpublikation)
Sidoantal	Språk	Pris	Sekretessgrad
86	finska	18 €	offentlig
Distribution		Förlag	
Edita Publishing Ab		Kommunikationsministeriet	



Authors (from body; name, chairman and secretary of the body) Esa Kerttula, Prof-Tel Oy		Type of publication Report	
		Assigned by Ministry of Transport and Communications	
		Date when body appointed	
Name of the publication Open access in Telecommunications			
<p>Abstract</p> <p>This study provides an overview into technical alternatives and architectures of Open access networks the main focus being, however, in the optical solutions. The study recommends level 2 (L2) solution where the Open access operator implements the link level transport network and takes care of the L2 electronics and services. In this solution the service providers have safe and efficient high speed link level network. The service providers acquire their subscribers and take care of IP addresses and other service functions. This study further recommends for the Open access L2 solution the end to end Ethernet technology and Carrier Ethernet service with new international Ethernet technology and standards (such as Metro Ethernet, EFM, EPON). The service providers will be able in this solution to offer services and applications on the same network both for residential as well as business users.</p> <p>The "triple play" Open access network and services based on fiber cables may include broadband Internet access services, voice services (such as VoIP), video services (such as VoD, IPTV) and real time TV programming services.</p> <p>Open access means that the service providers may have a connection with the same conditions to the transport network they have selected and that the users may select the service provider they want. It is usual that the Open access operator itself does not offer the services. The services are offered by the many type of service providers. Open access is not a technology concept. It is a logical network concept which may be implemented with several possible technologies both in access as well as in other network levels.</p> <p>Open access has been, already since 1992, on the general level regulated requirement for the operators offering fixed connections. In Finland this scheme has been relatively successful.</p>			
Keywords Open access, broadband, triple play			
Miscellaneous Contact person at the Ministry: Mr. Kari T. Ojala			
Serial name and number Publications of the Ministry of Transport and Communications 76/2005		ISSN 1457-7488 (printed version) 1795-4045 (electronic version)	ISBN 952-201-451-6 (printed version) 952-201-452-4 (electronic version)
Pages, total 86	Language Finnish	Price €18	Confidence status Public
Distributed by Edita Publishing Ltd		Published by Ministry of Transport and Communications	

## **Esipuhe**

Sekä perinteiset että varsinkin uudet operaattorit ovat rakentamassa Suomeen suurta joukkoa paikallisia televerkkoja palveluineen. Samalla on tullut käyttöön käsite *Open Access*, *avokäyttö/avoin pääsy*, jolla tarkoitetaan enemmän tai vähemmän vapaata verkon käyttöä. Avoimella verkon käytöllä ei kuitenkaan tarkoiteta, että se olisi välttämättä ilmaista. Avokäyttö näyttää tarkoittavan eri puhujalla eri asiaa ja tämän tutkimuksen yhtenä tavoitteena onkin yhtenäistää käsityksiä asianomaisesta ilmiöstä, jotta avoimuus olisi verkkojen ylikin todellista.

Avokäyttö on perinteisten verkko- ja palveluoperaattoreiden toimintamalleihin verrattuna uusi vaihtoehtoinen malli, missä voimakkaammin korostetaan paikallista valinnan vapautta ja tasapuolisuutta sekä palveluntarjoajan että käyttäjän näkökulmasta katsottuna. Suomessa vuonna 1992 annetut säädökset kiinteiden yhteyksien tarjonnasta tukevat mallia.

Tämä tutkimus on syvälle menevä yleisteos, missä hyvin yksityiskohtaisesti selvitetään *Open Access*-verkkoa, *avokäyttöverkkoa*. Selvityksessä on tarkasteltu käsitteitä ja tavoitteita, sääntelyn tarvetta, erilaisia toimintamalleja sekä ennen kaikkea mihin ja miksi tarvitaan avokäyttöverkkoa.

Tutkimuksen toivotaan palvelevan alan ammattilaisia, joille tietoyhteiskunnan kehittäminen niin lainsäädännöllisesti kuin teknisestikin on jokapäiväinen työ, kuin myös tavallista kuluttajaa.

Tutkimuksen tekijä on Esa Kerttula Prof-Tel Oy:stä, jota haluan kiittää hyvästä työstä. Tutkimuksessa esitetyt johtopäätökset ovat tekijän eivätkä näin ollen edusta liikenne- ja viestintäministeriön virallista kantaa.

Helsingissä lokakuussa 2005

Kari T. Ojala

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>JOHDANTO .....</b>	<b>3</b>
<b>1 TELEPALVELUJEN KILPAILUMALLIT – OPEN ACCESS.....</b>	<b>8</b>
1.1 Verkkolaitteistoilla tapahtuva kilpailu.....	9
1.2 Yhteisiin verkkokomponentteihin eli palveluihin perustuvat kilpailumallit.....	9
1.2.1 Erillisiin verkkokomponentteihin perustuvat kilpailumallit .....	9
1.2.2 Open access –pohjaiset kilpailumallit .....	9
<b>2 OPEN ACCESS -VERKOT .....</b>	<b>10</b>
2.1 Open access -ominaisuudet.....	10
2.1.1 Yleinen määritelmä .....	10
2.1.2 Open access –ominaisuudet .....	11
2.1.3 Open access –edut .....	11
2.1.4 Looginen Open access.....	12
2.2 Open access –mallit .....	13
2.2.1 Open access eri kerroksilla.....	13
2.2.2 Open access ja triple play .....	15
2.2.3 IP-pohjainen Open access –“triple play” .....	15
2.2.4 Optimaalinen Open access –kerros .....	18
2.3 Tekniset Open access –vaatimukset.....	18
2.4 Palvelusopimukset (SLA) ja Open access .....	20
2.5 Kunnalliset Open access -verkot.....	21
2.5.1 Kuntien Open access –verkot vs. operaattoreiden verkot .....	22
2.6 Open access -mallin vaikutus liiketoimintaan .....	23
<b>3 OPTISEN VERKON OPEN ACCESS.....</b>	<b>24</b>
3.1 FTTH –arkkitehtuurit .....	24
3.1.1 PON-arkkitehtuurit.....	25
3.1.2 EPON-arkkitehtuuri .....	26
3.1.3 EPON ja Open access.....	27
3.2 Open access –arkkitehtuuri.....	28
3.2.1 Open access –kerrosmalli.....	28
3.2.2 Open access -palvelurajapinnat .....	29
3.2.3 UNI.....	29
3.2.4 E-NNI .....	30
3.2.5 NI-NNI .....	30
3.2.6 SI-NNI.....	30
3.2.7 Ohjaavat standardit ja teknologiat.....	31
3.3 Maakuntien Open access -verkot.....	33
3.4 Open Access –esimerkkejä .....	34
<b>4 LIITÄNTÄVERKKOJEN UUDET INNOVAATIOT.....</b>	<b>36</b>
4.1 Open access –konseptin ajovoimat .....	36
4.2 Kuparikaapeleiden suuri merkitys ja uusi renessanssi .....	37
4.2.1 50 Mbit/s 500 metrin -- 200 Mbit/s 100 metrin etäisyydelle .....	37
4.2.2 DSL-tekniikka joustaa.....	38
4.2.3 DSL-teknologian laaja markkina .....	39

4.2.4	Sisältöjen kompressio.....	39
<b>4.3</b>	<b>Langaton laajakaista.....</b>	<b>39</b>
4.3.1	WLAN/WiFi, WiMAX, 450-laajakaistat .....	39
4.3.2	3G-HSDPA.....	40
4.3.3	Yli 20 GHz liitännätaratkaisut .....	40
4.3.4	4G- ja muut nopeat ratkaisut .....	41
<b>4.4</b>	<b>Ethernet to First Mile (EFM) .....</b>	<b>41</b>
4.4.1	Ethernet-tekniikan voittokulku.....	41
4.4.2	Yhtenäinen siirtoyhteystaso -- Ethernet .....	42
4.4.3	Yhtenäinen konsepti eri topologioille .....	43
<b>4.5</b>	<b>Metro Ethernet .....</b>	<b>44</b>
4.5.1	Ethernet –tekniikan edut.....	44
4.5.2	Metro Ethernet Forum .....	45
4.5.3	Mikä on Metro Ethernet ? .....	45
4.5.4	Uusi tietoverkkoarkkitehtuuri .....	48
4.5.5	Metro Ethernet ja Open access .....	49
4.5.6	Superdemo 2005.....	52
4.5.7	Markkinat .....	53
<b>5</b>	<b>OPEN ACCESS –KEHITYS SUOMESSA.....</b>	<b>54</b>
<b>5.1</b>	<b>Suomen Seutuverkot ry .....</b>	<b>54</b>
<b>5.2</b>	<b>Rakennetut verkot.....</b>	<b>54</b>
5.2.1	Open access –verkkojen rakenne .....	54
5.2.2	6net ja Kuuskaista .....	55
5.2.3	Dynamonet .....	56
	TV-ohjelmien siirto paikallisissa Open access -verkoissa .....	57
5.2.4	RaJuPuSu-laajakaista .....	58
5.2.5	Digitan 450-laajakaista.....	58
<b>5.3</b>	<b>Erilaiset strategiat, pullonkaulat, ongelmat.....</b>	<b>58</b>
5.3.1	Open access –palvelut ja markkinat .....	59
5.3.2	Lainsäädäntö.....	59
5.3.3	Tekijänoikeudet .....	59
5.3.4	Nopeusmuunnokset ja TV-lupamaksu .....	60
<b>6</b>	<b>OPEN ACCESS -SUOSITUKSET .....</b>	<b>62</b>
<b>6.1</b>	<b>Open access -konsepti .....</b>	<b>62</b>
<b>6.2</b>	<b>Yleiset johtopäätökset.....</b>	<b>62</b>
<b>6.3</b>	<b>Verkko.....</b>	<b>62</b>
<b>6.4</b>	<b>Palveluntarjonta .....</b>	<b>64</b>
<b>6.5</b>	<b>Avoimia kysymyksiä .....</b>	<b>64</b>
<b>6.6</b>	<b>Rahoitus.....</b>	<b>65</b>
<b>6.7</b>	<b>Kansallinen laajakaistastrategia.....</b>	<b>65</b>
<b>7</b>	<b>VIRANOMAIsoHJEISTUKSEN TARVE .....</b>	<b>66</b>
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO.....</b>	<b>67</b>

## JOHDANTO

### Open access vai täysi kilpailu – tietoyhteiskuntakehityksen avainkysymyksiä

Mitä periaatteita ja julkista politiikkaa hallitusten ja muiden toimijoiden tulisi soveltaa televerkkoihin ja muihin infrastruktuureihin sekä yleisiin palveluihin 21. vuosisadan tietoyhteiskunnassa? Onko oikea ratkaisu riittävän tasaveroisen ja vapaan pääsyn näihin järjestelmiin, eli ”*nondiscriminatory Open access*”. Tämä on viime vuosina globaalisti yleistymään pyrkivä uusi trendi, missä regulatorisin keinoin tai keskitetyin sopimuksin pyritään ohjaamaan, jopa määräämään, teknologiarakenteita ja toimialoja jakamaan verkkojaan, laitteistojaan tai muita infratuotteitaan niitä hyödyntävien kilpailevien lisäarvoryitysten tai jälleenmyyjien kanssa.

Vai tulisiko sallia ja jopa tukea täysin vapaata kilpailua, missä kilpailu ja vapaa hinnoittelu ulottuu paitsi lisäarvoryityksiin ja palveluihin myös itse infrastruktuureihin. Tätä keskustelua on käyty viime vuosien aikana vilkkaasti kaikissa kehittyneissä maissa, erityisesti USA:ssa ja Euroopassa.

Tekninen kehitys on hyvin nopeaa ja erilaisia palvelurajapintoja on standardoitu eri tasoille, mistä johtuen käytännössä mille tahansa infrastruktuuri- tai palveluratkaisulle on olemassa tai saatavilla useitakin kilpailevia vaihtoehtoja.

Open access –keskustelua käydään monilla toimialoilla niin perusverkoissa kuin erillisissä palveluissa ja järjestelmissäkin. Puhelin-, kaapeli- ja mobiiliyhtiöiden ja sähkölaitosten verkkoihin tai esimerkiksi AOL:n Instant Messenger – palveluun tai Visa/Mastercard –verkkoon tai Microsoftin Windows-käyttöjärjestelmään ja moniin muihin globaalitason järjestelmiin on vaadittu avointa pääsyä. Puolesta puhujat väittävät, että Open access lisää kilpailua. Vastustajat taas argumentoivat toiseen suuntaan, että kilpailu vähenisi ja että pakollinen pääsy (*forced access*) merkitsee hinnoittelun ja laadun valvontaa, palvelukehityksen pysähtymistä, enemmän riitoja ja oikeudenkäyntejä sekä teknisten innovaatioiden vähenemistä.

Aidon kilpailun periaatteet edellyttäisivät, että yritykset voivat laillisin keinoin torjua kilpailijan kokonaan tai osittain, kuka mitäkin omaa vahvuuttaan käyttäen ja kukin oman kilpailutasonsa valiten. Ohjelmistoissa kilpailevien ”infratuotteiden” synty on helpompaa ja siten yleisempää (vrt. esim. Linux) kuin verkoissa. Ohjelmistojen vapaamman saatavuuden ja kehityksen nopeuttamiseksi on syntynyt ns. ”open source” -tarjontaa. ”Open source” –ohjelmistoissa on eritasoisia hinnoittelumalleja ja niiden rooli on noussut merkittäväksi myös kaupallisten ohjelmistojen kehityksessä. Tässä ei kuitenkaan ole kysymys sellaisenaan edellä mainitusta Open access –periaatteesta.

Verkoilla kilpaileminen on aivan eri tason kysymys, koska verkot ovat hyvin pääomavaltaisia ja niissä voi olla takana kymmenien vuosien investoinnit. Verkoja onkin aikaisemmin totuttu pitämään ”luonnollisina monopoleina”. Uudet ja kevyemmät teknologiat ja työmenetelmät sekä uudet liiketoimintamallit ovat tuoneet ja tuovat kilpailua kuitenkin myös verkkoihin (esim. WLAN, WiMAX,



uudet 450 MHz -tekniikat, MVNO, uudet kuitujen auras- ja putkitusmenetelmät ja seudulliset kuituverkot).

### *Open access muilla toimialoilla*

Open access on keskeinen, avointa yhteiskuntakehitystä ohjaamaan pyrkivä konsepti. Yleisesti käsittäen Open access tarkoittaa pääsyä avoimesti/vapaasti ja yhtenäisin ehdoin (mm. hinnoittelu) yleisiin ja yhteisiin infraressursseihin tai lopputuotteisiin/palveluihin vaihtoehtona tilaus- tai maksupohjaisille, tai jopa pakotetuille (*forced access*) pääsymalleille (käyttöoikeuksille). Pääsy tarkoittaa tässä sekä palvelun tarjoajaa että palvelun käyttäjää.

Ehkä parhaiten tunnettu, ja Internetin myötä myös luonnollisin, Open access – ympäristö on tieteellisten julkaisujen tietokannat. Käyttäjien tarkoituksena olisi päästä vapaasti lukemaan ja hyödyntämään globaalisti yli 24,000:ssa referoidussa lehdessä tai konferenssijulkaisussa vuosittain ilmestyvää yli 2,5 miljoonaa artikkelia. Pieni, mutta kasvava osa tästä on jo Open access -toiminnan piirissä. Open access –julkaisuissa on eri tasoja eikä niissä ole tarkoitus loukata esimerkiksi copyright-oikeuksia.

Muiden toimialojen Open access -kysymyksiä ei käsitellä tässä raportissa.

### **Open access telepalveluissa**

Entisessä, vasta parikymmentä vuotta sitten vielä vallinneessa ”puhelinverkko”-maailmassa oli vain yhdentyyppisiä palveluntarjoajia, luonnollisen monopolin turvin toimivia puhelinlaitoksia (PTT), jotka tarjosivat sekä siirtoyhteydet (kuljetuspalvelut) että kaikki palvelut samalta luukulta. ”Kaikki palvelut” oli tosin hyvin rajattu kokonaisuus käsittäen vain paikallis-, kauko- ja kansainväliset puhelut. Open access –vaatimuksia ei tarvittu, koska ei ollut muita palveluntarjoajia, ja tilaajille palvelut olivat avoimia. Tämän jälkeen regulointi ja monopolien purkaminen 1980- ja 90-luvuilla toi datapalvelut, kuten Internet-yhteydet, ja näitä palveluja tarjoavat ISP:t (Internet Service Provider). Telemaailma muuttui perinpohjin.

Tänä päivänä verkko-operaattorit (NO, Network Operator) toimittavat siirtoyhteydet ja palveluntarjoajat (SP, Service Provider) vastaavat palvelujen tarjonnasta. Siten vaikka fyysisen yhteyden kodista tai yrityksestä verkkoon toimittaakin useimmiten paikallinen puhelinyhtiö (joskus vielä hitailla valintayhteyksillä, nopeasti yleistyneellä DSL-laajakaistalla tai jopa huippunopealla kuituyhteydellä), tilaajalla on laaja valikoima keskenään kilpailevia Internet-palvelujen tarjoajia (Internet SP), joista valita. ISP:t, eri tyyppiset ja kaiken kokoiset, voivat vapaasti liittää palvelunsa verkkoon ja haalia asiakkaitaan toisistaan riippumattomasti.

Puhelinyhtiöiden lisäksi muita suurempia verkkoyhteyksien tarjoajia ovat kaapelioperaattorit. Pienemmässä, mutta kasvavassa mitassa on mainittava myös erilaisia langattomia yhteyksiä tarjoavat yritykset. Näiden lisäksi on datasähkö- ja satelliittiyhteyksiä tarjoavat tahot ja kokeilut.

## Seuraavan sukupolven laajakaista

Tämän päivän DSL- ja kaapelimodemeilla rakennetut laajakaistat palvelevat lähinnä vain nopeita Internet-yhteyksiä. Siirtonopeudet ovat tyypillisesti megabitin molemmin puolin sekunnissa. Langattomat samoihin nopeusluokkiin pystyvät laajakaistaverkot ovat vasta tulossa (lähinnä 3G-HSDPA, WiMAX ja myös uudet 450 MHz:n laajakaistateknologiat (Flash-OFDM, cdma450 1xEV-DO)).

Mainituilla teknologioilla rakennetut nykyiset liittytävät verkot muodostavat sekä taloudellisen että teknologisen pullonkaulan, missä ei pystytä täysimittaiseen ja yhtäaikaiseen monikanavaiseen video-ohjelmien siirtoon. Tavoitteena on lisäksi ns. ”triple play” –konsepti, missä käyttäjä saa niin Internet-, puhe- kuin video-palvelunakin samasta ”töpselistä”. Seuraavan sukupolven ”last mile” edellyttääkin vähintään 50 Mbit/s nopeutta per kotitalous jo verkon ensimmäisessä vaiheessa (taulukko 1).

**Taulukko 1.** Laajakaistatarpeita

Nopeus	Tyypillisiä palveluita
100 kbit/s	Interaktiiviset Internet-sovellukset (http, e-mail, ftp, pelit, puhe, ....)
1 Mbit/s	Musiikki
1,5 Mbit/s	Broadcast-laatuinen MPEG 2 -video
10 Mbit/s	Yksi HDTV-kanava ja kaksi peruskanavaa (web, TV, ...)
50 Mbit/s	Täysi HDTV-tuki, triple play

### *1 Gbit/s per tilaaja vuonna 2015-2020 ?*

Kuvassa 1 on esitetty liittymänopeuksien kehitys viimeisten 20 vuoden aikana<sup>1</sup>. Siirtonopeudet per käyttäjä ovat kasvaneet ISDN-nopeuksista (64, 128 kbit/s) 20-kertaisiksi (2 Mbit/s) viimeisten 10 vuoden aikana. Mikäli sama trendi jatkuu, mikä on hyvinkin todennäköistä, tulisi seuraavan sukupolven tilaajaverkoissa vaurautua jopa 1 Gbit/s -nopeuteen per tilaaja jo seuraavien 10-15 vuoden aikana.

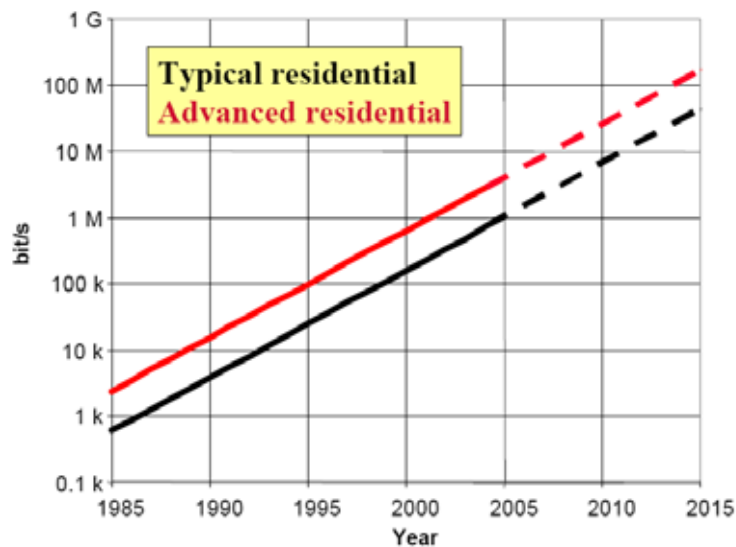
### *Kuituverkko yltää jo lähes jokaiseen kuntaan*

Seuraavan sukupolven verkoissa kuitu on kriittinen komponentti. Lasikuituun perustuvat yhteydet ovat siirtonopeudeltaan ylivoimaisia muihin tekniikoihin verrattuna. Muutamat maat ovat perustaneet laajakaistastrategiansa ”kuitu kotiin” –konseptiin, mutta Suomessa tähän ei valtion taholta ole lämmitetty. Tämä lienee viisas päätös.

On kuitenkin odotettavissa, että kun taajamissa kuitu ulottuu koko ajan lähemmäksi ja lähemmäksi loppukäyttäjää, että jonain päivänä kuitu on varteen otettava vaihtoehto kaupalliseksi laajakaistaratkaisuksi laajemminkin<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Tjelta, T., Bråten, L-E., Howson, C., Montalant, T., Development in broadband wireless access, Broadband Europe, Brugge, Belgium, 8-10 Dec. 2004.

<sup>2</sup> Valokaapeli kotiin, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 33/2005.



**Kuva 1.** Liittymäkapasiteetin kehitystrendi

Syrjäseuduilla kuitua ei ole kustannussyistä odotettavissa loppukäyttäjälle saakka vaan siellä osa ”last mile” –tarpeista toteutetaan kuidun tai radiolinkin päästä kuparijohto- tai langattomilla ratkaisulla.

### Monia teknologioita – monia tilaajanopeuksia

Televerkkoja ei voida eikä kannata rakentaa yhden eikä kahdenkaan teknologian varaan. Valtaosassa nykyisiä interaktiivisia sovelluksia (http, ftp, e-mail, ...) riittää mainiosti joko kiinteillä tai langattomilla teknologioilla rakennetut ”DSL-nopeudet” riippumatta siitä onko tilaaja urbaani kaupunkilainen tai syrjäseudulla asuva.

Internet-liikenne ei myöskään ole enää pelkästään epäsymmetristä kuten alkuaikoina. Peer-to-peer (P2P) liikenteen osuus on kasvanut viime vuosina räjähdysmäisesti.

Toinen kysymys kokonaan on, millä strategialla verkko-operaattori yhteydet tilaajalle on toimittanut. Useissa tapauksissa kuitu on kannattanut tuoda jo lähelle kiinteistöä tai jopa rakennukseen saakka. Toisissa tapauksissa kuitu on satojen metrien, jopa kilometrien päässä tilaajasta ja loppuosa on rakennettu kuparikaa-pelien tai langattoman laajakaistateknologian varaan.

Tärkeimpien tilaajaverkon teknologioiden kehitystä on tarkasteltu erikseen luvussa 4.

### Open access -haasteet

Onkin odotettavissa, että seuraavan sukupolven laajakaista (NGN, *Next-Generation Network*) tulee pitämään sisällään erilaisilla teknologioilla toteutettuna ja eri nopeuksisia liittymäverkkoja sadoista kilobiteistä kymmeniin ja satoihin megabitteihin, jopa gigabittinopeuksiin saakka per tilaaja. Liittymäverkkoja rakenne-

taan lisäksi toisistaan erillään ja erilaisten omistajien toimesta (perinteiset verkko-operaattorit, kunnat, yhteenliittymät) ja erilaisilla verkkotopologioilla ja teknologioilla.

Miten jo rakennettuja kuituverkkoja voidaan parhaiten päivittää seuraavan sukupolven ”triple play” –verkoiksi ? Miten erilaisilla malleilla rakennettuja Open access -saarekkeita liitetään yhteen ? Millaisella verkkoarkkitehtuurilla Open access on helpointa ja edullisinta toteuttaa ja millä tasolla Open access –periaatetta tulisi säädellä ? Tulisi huolehtia lisäksi siitä, että kilpailu toimii ja Open access –malli ja sen säätely ei estä uusien innovaatioiden syntymistä.

Tulevat laajakaistastrategiat rakennetaan moniteknologiaympäristön lisäksi myös uudenlaisessa kilpailu- ja toimijakentässä, missä on mukana perinteisten toimijoiden lisäksi uusia toimijoita. Ei siten ole itsestään selvää miten Open access –verkoissa tulisi toimia. Tarvitaan keskustelua ja keskusteluun jäsenneltyjä näkemyksiä ja jopa käsitteiden selvennyksiä.

Tässä selvityksessä on käsitelty näitä haasteita.

Tässä selvityksessä lähtökohtana on, että seuraavan sukupolven laajakaista rakennetaan tavalla tai toisella ja että markkinoilla on selvä tarve jakaa tätä infrastruktuuria laajasti eri tahojen käyttöön (Open access). Markkinan tulee olla Open access –strategialle kuitenkin riittävän suuri. Lähtökohtana myös on, että seuraavan sukupolven verkko perustuu vahvasti kuituteknologiaan.

Tässä selvityksessä ei ole käsitelty Open access –markkinoita tai sen eri liiketoimintamalleja. Näitä kysymyksiä on käsitelty viitteessä<sup>3</sup>. Tässä selvityksessä ei siten ole suoritettu myöskään kustannus/hyötyanalyyskejä erilaisille Open access –malleille.

**Huom.**

*Open access* on terminä hieman ongelmallinen, koska se voi assosioitua liikaa ilmaispalveluihin. Tämän vuoksi joissakin yhteyksissä on käytetty myös nimeä *Equal access*. Tässä selvityksessä käytetään kuitenkin Open access –termiä ja siten, että se ei ole välttämättä ilmainen palveluntarjoajalle eikä muillekaan käyttäjille.

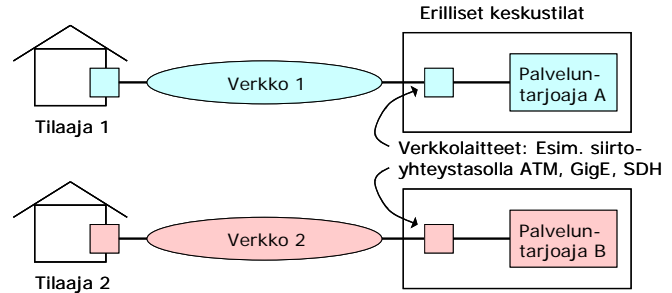
---

<sup>3</sup> Valokaapeli kotiin, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 33/2005.

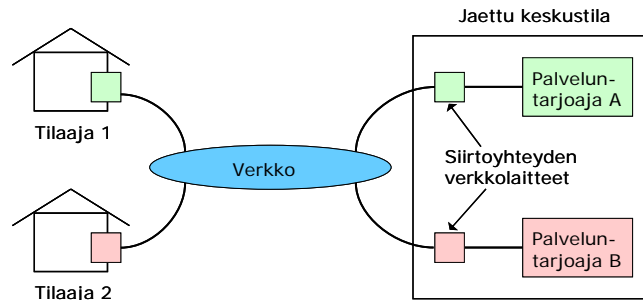
## 1 TELEPALVELUJEN KILPAILUMALLIT – OPEN ACCESS

Telepalvelujen kilpailumallit voidaan yleisellä tasolla tarkasteltuna jakaa kahteen pääluokkaan: verkkolaitteistoilla tapahtuvaan kilpailuun (*Facilities Based Competition*) (kuva 1.1a) ja yhteisiin verkkokomponentteihin eli palveluihin perustuviin kilpailumalleihin (kuvat 1.1b-d). Lisäksi voidaan käyttää erilaisia hybridimalleja.

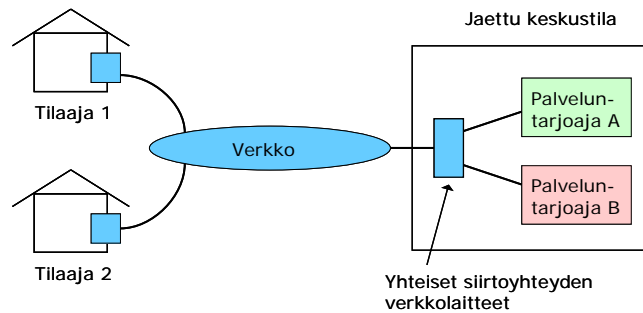
**Kuva 1.1a**  
Verkkolaitteistoilla tapahtuva kilpailu



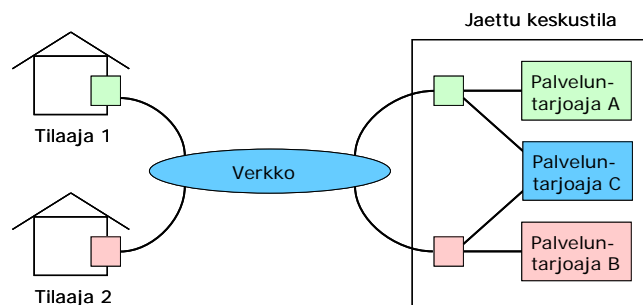
**Kuva 1.1b**  
Yhteisiin verkkokomponentteihin perustuva kilpailu



**Kuva 1.1c**  
Open Access –pohjainen kilpailu (*Logical Layer Unbundling*).



**Kuva 1.1d**  
Yhteisiin verkkokomponentteihin perustuva kilpailu JA Open access.



## 1.1 Verkkolaitteistoilla tapahtuva kilpailu

Verkkolaitteistoilla tapahtuvassa kilpailussa, eli lyhyesti verkkokilpailussa, kukin palveluntarjoaja rakentaa, operoi ja hallinnoi omaa fyysistä verkkoa ja tuottaa siihen itse palvelut (kuva 1.1a). Tämä on usein tilanne esimerkiksi mobiilipalveluissa.

Mobiilipalvelujen MVNO (*Mobile Virtual Network Operator*) on esimerkki mallista, missä palvelut tuotetaan ja hallinnoidaan (SIM-kortti) ja asiakkaat hankitaan itse, mutta missä perus mobiiliverkko vuokrataan (esim. Saunalahti).

## 1.2 Yhteisiin verkkokomponentteihin eli palveluihin perustuvat kilpailumallit

Tässä kilpailumallissa kukin palveluntarjoaja jakaa yhteisiä verkon resursseja tarjotessaan palveluja asiakkailleen. Tämä on markkinoilla yleinen malli. Yhteinen resurssi voi olla periaatteessa mikä tahansa erillinen (*unbundled*) verkkokomponentti (paikallisyhteys (*local loop*), keskus, tukiasema, SIM-kortti, ...). Teoreettisessa tapauksessa palveluntarjoaja voi kytkeytyä mihin tahansa pisteeseen palveluketjussa palvelua rakentaessaan. Seuraavassa on tarkasteltu vain paria tähän malliin kuuluvaa tyypillistä tapausta.

### 1.2.1 Erillisiin verkkokomponentteihin perustuvat kilpailumallit

Kukin palveluntarjoaja sijoittaa omat verkkoelementtinsä verkko-operaattorin keskustiloihin ja tarjoaa puhe-, data-, video- ja/tai siirtoyhteyskerroksen (*data link layer*) palveluja (esim. ATM, Gigabitin Ethernet tai SDH) asiakkailleen vuokraamalla erillisen verkkoelementin (tai useampiakin), kuten kuparikaapelin, operaattorilta. Verkkoelementti voi olla muullakin verkon tasolla. Palveluntarjoaja sisällyttää palveluketjuunsa vuokraamansa elementin ja rakentaa paloista oman päästä-päähän palvelun (kuva 1.1b). Kilpailevien ISP-yritysten paikallinen DSL-yhteys on tyypillinen tällainen elementti.

### 1.2.2 Open access –pohjaiset kilpailumallit

Kukin palveluntarjoaja jakaa yhteisen siirtoyhteystason komponentin (jonka omistaa yleensä verkko-operaattori) tarjotessaan puhe-, data- tai videopalveluja (kuva 1.1c). Esimerkkinä on tapaus, missä useat ISP:t tarjoavat palveluitaan saman kaapeliverkon kautta.

Kuvassa 1.1d on esimerkki tapauksesta, missä verkko-operaattori kilpailee muiden palveluntarjoajien kanssa Open access –periaatteella ja missä käytetään yhteisiä verkkokomponentteja palvelujen rakentamiseen.

## 2 OPEN ACCESS -VERKOT

### 2.1 Open access -ominaisuudet

#### 2.1.1 Yleinen määritelmä

**Open access** tarkoittaa sitä että palveluntarjoajat voivat vapaasti ja yhtenäisin ehdoin liittyä haluamaansa siirtoverkkoon ja tavoitella omia asiakkaita ja että käyttäjä voi vapaasti valita palveluntarjoajan. Open access on laajentunut käsittämään ISP-palvelujen lisäksi myös VoIP-palvelut ja videopalvelut (mm. VoD, IPTV) sekä sovelluspalvelujen tarjonnan (ASP).

Palveluntarjoajien vuokraama kiinteistöliittymä (taloyhtiöliittymä) on esimerkki tapauksesta mikä ei toteuta Open access –periaatteita. Kiinteistöliittymässä tilaaja ei voi liittää liittymään omaa palvelinta, johon olisi pääsy palveluntarjoajan verkon kautta.

**Huom.**

Open access ei tässä selvityksessä tarkoita myöskään sellaisenaan ”jokamiehen oikeus”-toimintamallia, missä voidaan liittyä johonkin verkkoon (lanka, langaton) avoimesti, esimerkiksi anonymina ja ruveta käyttämään palveluita (esim. omaa sähköpostia). Tässä on kysymys verkkoliittymästä, jollaisia Open access –ratkaisu voi sisältää erilaisia.

Open access –verkko voi sisältää, verkko-operaattorin niin halutessa, esimerkiksi mahdollisuuden, että käyttäjä voi etsiä vaikka anonymina WLAN-yhteydellään avoimen tukiasemaverkon ja sellaisen löydettyään päästä sitä kautta käyttämään sallittuja palveluita joko ilmaiseksi tai maksua vastaan. Jotkut kaupungit ovat jo avanneet mahdollisuuden tällaiseen palveluun. Yksityisellä puolella esimerkiksi jotkut kahvilat ja hotellit tarjoavat ilmaisia WLAN-yhteyksiä asiakkailleen missä verkon käyttö sisältyy muun palvelun hintaan. Malleja on monia. Tietoturvasta ja muista käyttäjää ja palveluita suojaavista kysymyksistä on pidettävä luonnollisesti huolta erikseen.

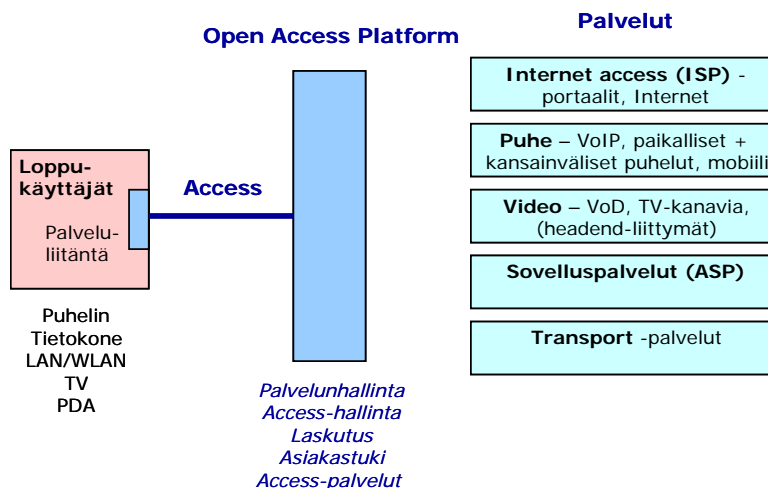
Tässä selvityksessä Open access –verkolla on yleensä joku sovittu tasapuolinen hinta sekä palveluntarjoajalle että käyttäjälle päinvastoin kuin joissakin muissa tapauksissa, missä Open access –verkkoa pidetään ilmaisena.

Open access –periaate on esitetty yleisellä tasolla kuvassa 2.1.

Abstraktisimmillaan Open access mahdollistaa monien kilpailevien palveluntarjoajien (downstream-kilpailu) jakaa yhteistä ja samaa verkkoa keskenään.

Useimmissa tapauksissa nykyään jaetun verkon omistaa yksi verkkoyritys (teleoperaattori), joka toimii samalla myös kilpailevana palveluntarjoajana. Liityntä (access) on avointa, jos se on riittävän syrjimätöntä siten, että kaikki kilpailijat voivat liittyä verkkoon samoilla hinnoilla ja samoilla laatutakuilla.

Asiakkaan kannalta Open access on tehokasta silloin, kun loppuasiakas voi valita vapaasti saman liityntäinfran kautta palvelunsa monen samanlaista palvelua tarjoavien palveluntarjoajien joukosta (valinta samassa markkinassa), ja kun tilaajan valintaa ei rajoita kohtuuttomasti kilpailijan kyky tarjota liityntäpalvelua.



**Kuva 2.1** Yleinen Open access –periaate

Open access on ollut yleisellä tasolla reguloitu vaatimus verkko-operaattorille, joka tarjoaa Internet-palveluita asiakkailleen. Esimerkiksi Suomessa tämä malli on toiminut suhteellisen hyvin joitakin valituksia lukuunottamatta.

### 2.1.2 Open access –ominaisuudet

Open access –konseptin ominaisuudet ovat yhteenvetona seuraavat

- siirtoverkko yhdistää tilaajat ja niiden valitsemat palveluntarjoajat toisiinsa transparenttisesti (läpinäkyvästi)
- tilaajat pystyvät liittymään mihin tahansa valitsemaansa palveluntarjoajaan
- ISP- ja ASP-tarjoajat on yksinkertaista liittää siirtoverkkoon
- palveluntarjoajat huolehtivat IP-osoitteiden allokoinnista ja tilaajien autentikoinnista ja laskutuksesta
- tilaajien liikenne on täysin eristettyä toisistaan
- kaikilla palveluntarjoajilla voi olla oma peering-sopimus paikallisen liikenteen välityspisteen kanssa (Suomessa FICIX, L2-reititys).

### 2.1.3 Open access –edut

Open access tarjoaa etuja loppukäyttäjille, palveluntarjoajalle sekä verkko-operaattorille. Loppukäyttäjälle Open access tarjoaa laajan joukon palveluja. Tämä johtaa kilpailuun, mistä on yleensä seurauksena matalammat kustannukset ja usein myös parempi laatu ja asiakaspalvelu. Open access –konseptissa käyttäjät voivat valita palveluntarjoajan välillä helposti periaatteessa ilman mitään konfigurointimuutoksia järjestelmiinsä.



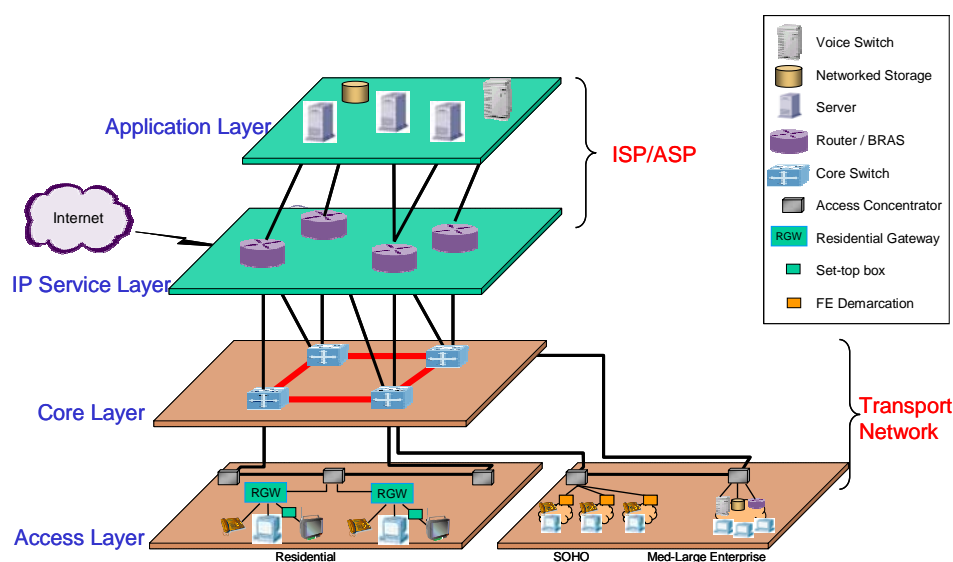
Palveluntarjoajille Open access tarkoittaa yksinkertaisempaa ja kustannuksiltaan edullisempaa tapaa saada yritys- ja kuluttaja-asiakkaita. Palveluntarjoajien ei tarvitse rakentaa itse omaa ja kallista infrastruktuuria (iso CAPEX) – infrakustannuksista vastaa verkko-operaattori. Palveluntarjoajalla on suora yhteys asiakkaisiin mikä mahdollistaa brändin rakentamisen ja tukee esimerkiksi kanta-asiakasohjelmia.

Eri markkinassa asiakassegmentit ovat erilaisia ja eri palveluntarjoajat tuntevat omat asiakkaansa paremmin kuin geneeristä palvelua tarjoava verkko-operaattori. Tulisi siten tukea mallia, missä verkko-operaattori myy/vuokraa Open access –infrastruktuurin palveluntarjoajalle, joka sitten myy palveluitaan omille asiakkailleen. Tämä malli on osoittautunut tehokkaaksi (esim. aikoinaan jo puhelinverkon 9800-palveluissa).

Verkko-operaattorille Open access mahdollistaa maksimaalisen verkon kapasiteetin käytön ja siten myös suuremmat tuotot (mikäli toimii voittoperiaatteella). Open access –mallissa tuottoja kertyy sekä loppukäyttäjiltä että palveluntarjoajilta ja samalla Open access –infrastruktuurilla voidaan palvella sekä yritys- että kuluttajasegmenttiä. Verkko-operaattorin palveluiden hallinta on yksinkertaisempi ja siten operointikustannukset (OPEX) pienemmät.

#### 2.1.4 Looginen Open access

Open access erottaa verkko-operaattorit (NO) ja palveluntarjoajat (SP) toisistaan. NO-verkko muodostuu runkoverkosta (*core layer*) ja liityntäverkosta (*access layer*), kuva 2.2. Nämä tarjoavat yksinkertaisen kuljetusmedian yhdistäen eri tyyppisiä loppukäyttäjii palveluntarjoajan verkkoihin.



**Kuva 2.2** Looginen Open access -verkkoarkkitehtuuri<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Tournesac Francois, Atrica Inc., Triple-Play Services and Open Access, ITU-T Workshop All Stars Access Network, Geneva, 2-4 June 2004

Palveluntarjoajien verkot muodostuvat IP-palveluverkosta, mikä reitittää liikenteen haluttuun sovelluspalvelimeen tai Internet-verkkoon, sekä palvelukerroksesta, mitkä sisältävät sovelluspalvelimia, VoIP –liityntöjä (*gateway*) ja mitä tahansa muita kuormanjako- tai hajautuslaitteistoja.

## 2.2 Open access –mallit

Open access voidaan toteuttaa erilaisilla konsepteilla – muodostuen erilaisista teknologia/verkkoarkkitehtuureista ja sekä erilaisista liiketoimintamalleista. Eroavuuksia tulee myös siitä minkä tyyppisiin palveluihin Open access –periaatetta käytetään. Tarjotaanko pelkästään Internet-palveluita vai myös puhe- ja videopalveluita. Aikooko Open access –operaattori kilpailla ja millä palveluilla myös itse ulkopuolisten palveluntarjoajien kanssa (downstream-kilpailu). Ja mikä on joko jo käytössä oleva tai valittava verkkoarkkitehtuuri (esim. aktiivihäaroitin vai PON). Miten hintoja ja muita tukkuverkon ehtoja säädellään. Jne.

### 2.2.1 Open access eri kerroksilla

Open access voidaan toteuttaa teknisesti monessa eri ”OSI-kerroksessa”, taulukko 2.1<sup>5</sup>. Kun kerroksissa nousee ylöspäin, laitteistojen ja toimintojen määrä monipuolistuu ja tarjottava tuote muistuttaa enemmän yleistä verkkopalvelua. Eri Open access –malleja on tarkasteltu seuraavassa vain kuituverkoissa.

**Taulukko 2.1** Open access eri tasoilla

Taso	Toiminta	Open access -yhtiö tarjoaa
0	Oja/kouru/kaapeliputki/laitetila	Putkituksen ja/tai kuidun aurauksen maahan, laitetilat
1	Fyysinen kerros (unbundling*)	Pimeän kuidun vuokrausta, tai joissakin tapauksissa PON-verkon optisen tason (unbundling*), CWDM- tai DWDM-tekniikka
2	Siirtoyhteyshierros (data link, unbundling*)	Pimeää kuitua ja siirtoyhteyden (data link) elektronikan molemmissa päissä. Esim. Ethernet-pohjainen VLAN, tai ATM-pohjaiset PVC:t
3	Verkkokerros (unbundling*)	Perus verkkopalvelut. Esim. IP-kerroksen 3 palvelua kaapeliverkossa MPLS-pohjaisen VPN:n tarjoamiseksi.

\*) *unbundling* tarkoittaa sitä että kyseiset toiminnot tarjotaan erillisinä komponentteina irrallaan muusta palvelusta

Yksinkertaisimmillaan (*taso 0, L0*) Open access –konsepti käsittää pelkät kaapeliputket tai kourut tai vain valmiiksi kaivetun ojan, johon kilpailevat yhtiöt voivat vetää omat kuitunsa, ja laitetilat, johon kilpailijat voivat asentaa omat laitteensa.

<sup>5</sup> Lehr William, Sirbu Marvin, Gillett Sharon, Broadband Open Access: Lessons from Municipal Network Case Studies.

Tässä mallissa Open access –palvelua tarjoavan yhtiön rooli on vähäisin ja kilpailevilla palveluntarjoajilla on eniten vapausasteita. Tässä mallissa palveluntarjoajan kustannukset ovat suurimmat ja yhteisen verkkoinfran jakamismahdollisuudet minimaaliset. Tämä puolestaan voi rajoittaa palveluntarjoajien määrää, koska voi olla vaikeaa kilpailla taloudellisesti.

Seuraavalla tasolla (*taso 1*, L1) Open access –konseptia tarjoava yritys omistaa pidemmän elinkaaren elementit, eli kuidut tai jos on kyseessä PON-verkko, tämän optiset osat (PON, ks. luku 3). Palveluntarjoajan vastuulla on lyhyemmän elinkaaren elementit (laitteet ja ohjelmistot). Tässä mallissa palveluntarjoajalla on enemmän joustavuutta laajakaistan verkkoarkkitehtuuriin ja tarjottavien palvelujen suhteen.

Yritys voi esimerkiksi omistaa optiset kaapelit (pimeää kuitua) ja vuokrata yksittäisiä kuituja kilpaileville palveluntarjoajille. Yritys vuokraa fyysisen infrastruktuurin, mutta jättää verkkoelektroniikan ja muut korkeamman tason palvelut ja päätökset palveluntarjoajille. Tämä on analogista paikallisten puhelinlaitosten kumppari-kaapeleiden vuokraukselle esim. ISP-yritysten DSL-yhteyksiä varten. Tason 1 kuituverkon Open access -tarjonta voi tapahtua myös optisella tasolla. Yhdessä mallissa kukin palveluntarjoaja käyttää siirtoon omaa aallonpituutta (aallonpituuksia tyypillisesti 4, 8, 16 tai 32).

Monet laitetoimittajat tukevat tätä mallia käyttämällä CWDM-tekniikkaa (*Coarse Wavelength Division Multiplexing*). Toinen teknologia on Dense WDM-tekniikka (DWDM). Molemmissa kullekin käyttäjälle on varattu oma aallonpituus<sup>6</sup>. Erillinen optisen tason tarjonta (unbundling) on sama kuin PON (*Passive Optical Network*). Optisen tason tukkutarjonta on yleisempää runkoverkoissa kuin liityntäverkoissa.

Yleisin käytännössä esiintyvä Open access –konsepti on siirtoyhteystason (linkkitason) malli (*taso 2*, L2). Tässä mallissa infrastruktuurin tarjoaja toimittaa sekä kuidun että linkkitason elektroniikan molempiin päihin. Palveluntarjoajille toimitetaan perustason verkkopalvelu, mitä ne voivat käyttää jälleenmyyttäviin palveluihin sisältyvänä platformina.

Palvelut voidaan toteuttaa monella eri arkkitehtuurilla. Esimerkiksi, jos linkkitaso perustuu pakettipohjaiseen arkkitehtuuriin, kuten Ethernet, kullekin palveluntarjoajalle ja sen tilaajille rakennetaan oma VLAN (*Virtual Local Area Network*). Jos operaattori toimittaa ATM-kytkentään perustuvan linkkikerroksen, tilaajille rakennetaan erilliset PVC-yhteydet (*Permanent Virtual Circuit*), mitkä kytketään asianomaiseen palveluntarjoajaan. Operaattori voi tarjota myös päästä-päähän yhteyksiä käyttämällä SDH-verkon Add/Drop-kanavointilaitteita (tason 1 malli).

<sup>6</sup> CWDM:n ja DWDM:n pääero on kanavien pakkauksessa optiseen aallonpituusikkunaan. CWDM käyttää leveämpiä kaistanpäästösuodattimia ( $20 \pm 6-7$  nm) ja yksinkertaisempia ja halvempia muita optisia komponentteja. CWDM:llä voidaan yhteen kuituun 1271-1611 nm:n ikkunaan kanavoida tyypillisesti enintään 18 kanavaa (kukin max 10 Gbit/s) ITU-T G.694.2 -suosituksen mukaisella aallonpituusjaotuksella. DWDM käyttää kalliimpia ja tarkempia komponentteja, millä voidaan kanavoida yhteen kuituun jopa 40 kanavaa (2,5-10 Gbit/s) samaan ikkunaan.

Open access voidaan toteuttaa myös verkkokerroksella (*taso 3, L3*). Tämäkin voidaan toteuttaa monella eri tavalla. Esimerkiksi HFC-verkoissa (*Hybrid Fiber-Coax*) kaapelimodemi ja kaapelimodemin terminointijärjestelmä tukevat IP-kuljetusprotokollaa (eli IP-tason 3 palvelu). Liikenteen erottamiseksi kilpaileviin ISP-verkkoihin käytetään politiikka-pohjaisia reitittimiä tai MPLS-pohjaisia VPN-yhteyksiä (MPLS, *MultiProtocol Label Switching*).

LVM:n teettämän selvityksen ”Valokaapeli kotiin” mukaan Suomessa vallitsevaksi käytännöksi on muodostunut taso 0. Tason 0 mukaista käytäntöä on ko. selvityksen mukaan preferoitu ”käytännön yhteistyömallina” mm. Varsinais-Suomen laajakaistastrategiassa.

### 2.2.2 *Open access ja triple play*

Uudet tekniset innovaatiot ja edistyselliset verkkopalvelujen tarjoajat ovat kehittäneet ratkaisuja, missä datapalvelujen (Internet access) lisäksi kuluttaja- ja yritysasiakkaille pystytään tarjoamaan puhe- ja videopalveluita samassa ”last mile” -platformissa. Nämä ns. ”triple play” -palvelut voivat sisältää

#### Koteihin

- nopeat Internet access –palvelut (multimegabit)
- kymmeniä, jopa satoja TV-kanavia
- Video-on-Demand (VoD)-palvelut
- videoiden soittamista/kelaamista
- videokonferenssit
- interaktiivisia videosovelluksia
- etäopiskelusovelluksia
- kehittyneitä verkkopelejä
- puhepalvelut ja videopuhelimet

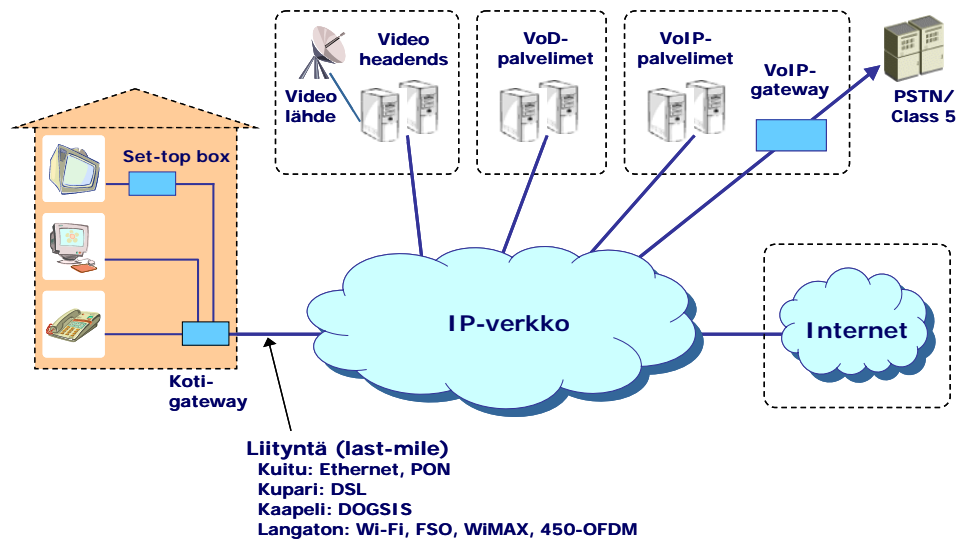
#### Yrityksiin

- taattu multimegabittinen Internet-liittymä
- video broadcast
- videokonferenssit
- gigabitin yhteydet yritysten välillä
- verkkotallennukset ja varmennuspalvelut
- etäopiskelut
- yrityspuhelut

### 2.2.3 *IP-pohjainen Open access –“triple play”*

Ensimmäiset ”triple play” -verkot ovat kaikki olleet IP-pohjaisia (taso 3). Koska useimmat Internet-sovellukset on suunniteltu IP-protokollaa varten, IP on ollut luonnollinen valinta kaikentyyppisille datapalveluille, sisältäen VoIP- ja Internetin liityntäpalvelut sekä multicast TV-jakelun.

Kuvassa 2.3 on tyypillinen IP-pohjainen ”triple play” -verkko. Kodit ja yritykset on kytketty liityntäverkon (voi perustua DSL-, PON-, FTTx- tai koaksiaali-



**Kuva 2.3** IP-pohjainen Open access -verkko

kaapelitekнологiaan) kautta IP-verkkoon. IP yhdistää käyttäjät lopulta eri palveluihin ja Internetiin.

Kaikille IP-pohjaisille ”triple play” –verkoille on yhteistä, että ne eivät ole teknisesti aitoja Open access –verkkoja. Verkko-operaattori ja palveluntarjoajat ovat yksi ja sama taho. Kuvan 2.3 mukainen konfiguraatio on yksikertainen tapa integroida kaikki palvelut ”yhteydettömään” IP-verkkoon.

#### Esimerkki: Maxinetti

Pääkaupunkiseudulla toimiva Maxinetti on kehittynyt IP-pohjainen ”triple play” –palveluverkko, mikä perustuu DSL-tekniikkaan<sup>7</sup>. Maxinetissa käytetään erityistä kotipäätettä, joka muuntaa digitaaliset TV-kanavat (DVB-IP, MPEG-2) tavallisella TV-vastaanottimella katsottaviksi sekä tarjoaa liitännän laajakaistaiseen Internetiin (Ethernet). Maxinetti-palvelussa on mahdollista katsoa 35 digi-tv- ja satelliittikanavaa. Maxinetti-liityntä voi vastaanottimen kautta kuunnella myös radiolähetyksiä. Kotipääte sisältää ohjelmaoppaan ja langattoman yhteyden näppäimistöille.

Maxinetin puhepalvelu (Maxiphone) toimii laajakaistaliittymän kautta. Puhe välitetään digitaalisesti (SIP- protokolla) IP-verkkoa hyväksikäyttäen. Maxiphonea voi käyttää PC:llä www-selaimella tai normaalisti kotipuhelimella.

Maxinetissä kuparijohdot toimittaa Elisa ja DSL-palvelun TDC Song. Tässä ratkaisussa DSL-palvelukin on siten jaettu kahden toimittajan kesken, mikä on esimerkki toimivasta liitännätason *unbundling*-toteutuksesta.

<sup>7</sup> [www.maxinetti.fi](http://www.maxinetti.fi)

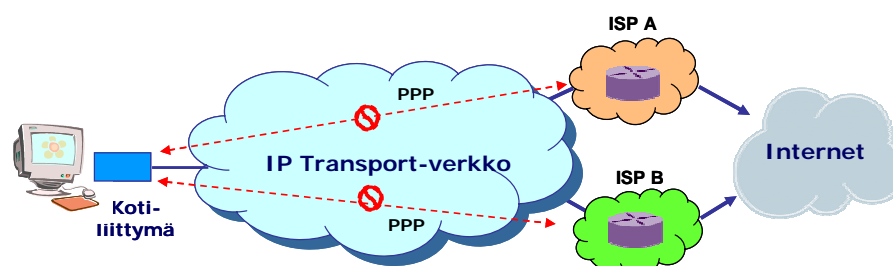
### *IP-pohjaisen Open access -verkon ongelmia*

IP-transparenttisuuden haastetta on käsitelty lyhyesti kuvan 2.4 avulla. IP-pohjaiset verkot eivät ole Open access –verkkoja. Open access edellyttää IP-verkosta transparenttisuutta, mutta IP-pohjainen verkko ei voi olla transparenttinen.

Syynä on se, että

- PPP-protokolla ei toimi tilaajien ja niiden ISP-tarjoajien välillä IP-verkon läpi<sup>8</sup>
- ilman PPP-protokollaa ISP:n on vaikea tarkistaa ja valvoa tilaajan tunnistusta ja autentikointia laskutusta varten
- siirtoverkon on kommunikoitava toisena domainina ISP-verkon kanssa (voidaan tarvita EBGp-protokollaa mikä monimutkaistaa siirtoverkkoa)
- tilaajille tarvitaan julkisia IP-osoitteita, tai on käytettävä peräkkäisiä NAT-elementtejä (osoitemuunnokset), mikä tekee ISP-verkoista vieläkin monimutkaisempia.

Jotta voitaisiin toteuttaa IP:n läpi transparenttisuus, täytyy käyttää muuta kuin IP-kuljetusmekanismia<sup>8</sup>.



**Kuva 2.4** IP-pohjaisen siirtoverkon Open access –ongelma

Muita haasteita ovat VoIP-palvelujen NAT-probleemat, P2P-liikenteen hallinta, tilaajien tunnistaminen (varsinkin kun käytetään dynaamisia IP-osoitteita), verkon hallinta (varsinkin jos verkossa on tuhansia, jopa kymmeniä tuhansia kotiliittymiä) ja tietoturva (vihamieliset hyökkäykset, luvattomat tai tarkastamattomat laitteet, luvattomat palveluihin yritykset ja palvelujen estot).

<sup>8</sup> PPP (*Point-to-Point Protocol*) oli alun perin tarkoitettu IP-protokollan paketoimiseksi (*encapsulating*) kiinteiden point-to-point -yhteyksien yli. Sitten IETF-standardissa RFC-1661 (1994) määritelty PPP-protokolla soveltuu myös muiden datagram-protokollien paketoimiseen PPP-kehyksiin (HDLC-tasolla) ja sisältää muitakin funktioita, kuten IP-osoitteista sopimisen ja hallinnan, verkkoyhteyden multipleksoinnin, linkkiyhteyden konfiguroinnin ja laadun testaamisen, virheiden ilmaisun ja optiona verkko-osoitteiden ja datakompression neuvottelun. Näiden funktioiden tukemiseksi PPP sisältää paketoinnin lisäksi myös LCP-protokollan (*Link Control Protocol*) ja joukon käytettävästä verkkoyhteydestä riippuvia NCP-protokollia (*Network Control Protocol*). PPP on kehitetty alun perin valintayhteyksille, mutta siitä on muunnelmia myös muille siirtoyhteyksille, kuten PPPoE (PPP over Ethernet) ja PPPoA (PPP over ATM).

### 2.2.4 Optimaalinen Open access –kerros

Sillä, millä tasolla Open access toteutetaan, on kauaskantoisia seurauksia verkkoinvestointeihin ja rooliin, missä verkko-operaattori toimii. Valinta vaikuttaa myös siihen kuinka useita kilpailevia palveluntarjoajia pystytään palvelemaan ja mitä palveluja ne pystyvät tarjoamaan. Jotkut arkkitehtuurit siirtävät puhetta, videoa ja dataa eri verkoissa implementoituna samaan fyysiseen järjestelmään (esim. video radioverkossa, puhe piirikytkentäisesti ja data (Internet) pakettikytkentäisesti).

Riittävän nopea IP-palvelu (taso 3) kykenee siirtämään puhetta, dataa ja videoa sovelluksina IP-kerroksen päällä. Kuitenkin sellaiset tekijät kuten kuhunkin talouteen toimitettava kapasiteettitaso ja kapasiteetti yhteisesti jaetun runkoverkon kanavissa rajoittaa IP-tasolla toteutetun Open access –konseptin ominaisuuksia. IP ei ole transparentti. Tasojen 1 ja 2 ominaisuudet ja toteutus vaikuttavat myös tason 3 laatuun. Kaikilla fyysisen ja verkkotason arkkitehtuureilla ei ole mahdollista toteuttaa nopeaa tason 3 IP-palvelua, millä voitaisiin toimittaa tilaajille tehokkaita puheen, videon ja datan palvelupaketteja useilta palveluntarjoajilta.

### 2.3 Tekniset Open access –vaatimukset

Open access –konsepti edellyttää, että siirtoverkko on tilaajiin ja palveluntarjoajiin päin transparentti ja täysin riippumaton palveluntarjoajien verkoista, ja päinvastoin, mistä seuraa että

- palveluntarjoajan käyttämän sisäisen verkon ja verkko-operaattorin verkon välillä ja eri palveluntarjoajien sisäisten verkkojen välillä ei tule samassa siirtoverkossa olla tason 3 (IP) toimintoja (interaktioita)
- palveluntarjoajien tulee pystyä itsenäisesti ja riippumattomasti jakamaan asiakkailleen IP-osoitteet dynaamisesti. Tämä vaatimus pätee Internetin liitännäispalveluiden lisäksi myös muihin sovelluksiin kuten VoIP- ja videopalveluihin
- siirtopalvelun tarjoajan ei tule jakaa IP-osoitteita loppuasiakkaille, paitsi omille asiakkailleen silloin, kun se itse toimii myös palveluntarjoajana
- verkko-operaattorin ja eri palveluntarjoajien sisäisiä verkkoja tulee hallita (operoida) toisistaan riippumattomasti ja turvallisesti ja erottaa hallintajärjestelmät toisistaan kokonaan
- palveluntarjoajien AAA-toiminnot (*Authentication, Authorization, Accounting*) tulee olla täysin erillään verkko-operaattorin ja muiden palveluntarjoajien AAA-toiminnoista
- palvelutasoon ja tietoturvaan sekä mm. verkkopetosten ehkäisyyn liittyvät vastuut tulee määritellä selkeästi siirtopalvelun ja palveluntarjoajan välisessä rajapinnassa SLA-sopimuksessa (*Service Level Agreement*), ks. kohta 2.4. Sekä verkko-operaattorin että palveluntarjoajan tulee suojata itsensä ja asiakkaansa tietomurtoja ja turvahyökkäyksiä vastaan.

### *Avoimia kysymyksiä*

Open access –verkkojen tulisi pystyä palvelemaan niin yksittäisiä ja keskenään riippumattomia käyttäjiä kuin yksittäisiä ja keskenään riippumattomia palveluntarjoajiakin (SP). Eri palveluntarjoajien tulisi pystyä tarjoamaan palveluja saman tai eri joukon käyttäjille. Tästä seuraa tasapuolinen verkkoresurssien (erityisesti kapasiteetti) allokointi sekä käyttäjien että palveluntarjoajien sisällä ja kesken. Tämä on suuri haaste, koska SP:t ja käyttäjät sijaitsevat liitännäkanavien vastakkaisissa päissä. Käyttäjien välinen tasapuolisuus takaa verkon tehokkuuden (mm. kapasiteetti) jonkun minimitason kaikille käyttäjille, joten joku tilaaja/ jotkin tilaajat käyttäessään jotain suosikkisovellusta eivät vie kaikkia kapasiteettia muilta (vrt. monet P2P-sovellukset). Samanlainen tasapuolisuus palveluntarjoajien välillä takaa ”reilun pelin” eri SP:iden välillä. Tällaiset vaatimukset voivat johtaa eri SLA-vaatimukseen verkko-operaattorin ja palveluntarjoajien ja operaattorin ja käyttäjien välille.

### *Esimerkki operaattoritasoisesta optisesta Open access –verkosta*

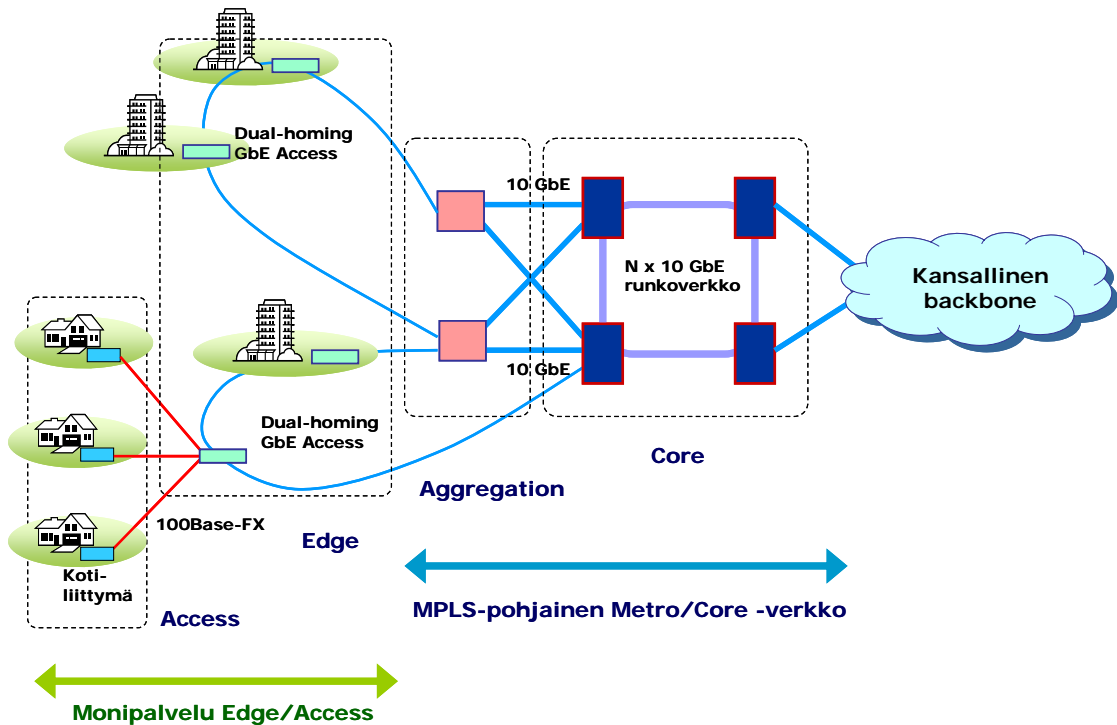
Kuvassa 2.5 on esimerkki kehittyneestä, optisesta Open access ”triple play”- Metro Ethernet -verkkoarkkitehtuurista. Ratkaisu noudattaa MEF-standardeja (kohta 4.5). Verkkotopologia on täysin redundanttinen. Metro-runko perustuu 10 gigabitin Metro Ethernet –core kytkimiin ja liityntätaso dual-homing Gigabitin Ethernet -renkaaseen. Liityntätaso voisi olla myös single-home tai rengas. Open access on toteutettu liitännäverkossa tasolla 2 ja runkoverkossa joidenkin funktioiden osalta tasolla 3 (BRAS-komponentit). Verkko pystyy toipumaan lyhyistä katkoksista ja virheistä (< 50 ms).

Mainittakoon tässä yhteydessä, että markkinoilla on saatavilla täyden MPLS-pohjaisen tuen tarjoavia DWDM-kytkennällä varustettuja optisia Metro core -kytkimiä, jotka pystyvät multipleksoimaan jopa 32 aallonpituutta (á 10 GbE) yhteen kuituun (yhteensä 320 Gbit/s), ja erottamaan halutun aallonpituuden missä tahansa toisessa Metro Ethernet –verkon solmupisteessä samanlaisessa core-kytkimessä. Joissakin Metro core –kytkimissä voidaan lisäksi integroida olevaa SONET/ SDH –liikennettä ja -infrastruktuurit nopeisiin Ethernet – ja DWDM –verkkoihin.

Koko siirtoverkko on tason 2 täysi MPLS-verkko, jolla siirretään tilaaja- ja palveluntarjoajakohdainen liikenne VLAN-putkilla toisistaan erotettuna. Liityntäpääte voi olla esimerkiksi 24-porttinen 100 megabitin full-duplex pääte, joka käyttää yksimuotokuitua. Uplinkit ovat 2 x GbE, yhteydellä on ns. hard-QoS ja 50 ms:n katkoksista toipumiset. Katso lähemmin kohta 4.5.

Multicast-video on toteutettu esimerkissä suoraan MPLS-kerroksen päällä, mikä takaa Open access –vaatimukset myös TV-ohjelmien jakelulle. Markkinoilla on myös ratkaisuja, missä MPLS-kerroksen päälle toteutetaan ensin VPLS-taso (*Virtual Private LAN Services*) ja multicast vasta tämän päälle. Nämä käyttävät multicast-palveluihin PIM-SM –protokollaa, mikä perustuu IP–unicast reititin-protokoliin (kuten RIP, OSPF, jne), jotka eivät tue Open access –vaatimuksia.





**Kuva 2.5** Esimerkki nopeasta optisesta laajakaistaverkosta

Yhteydet kansalliseen runkoverkkoon ja muihin Metro Ethernet –verkkoihin toteutetaan tason 1 ratkaisulla TDM (PCM-hierarkkian E1- ja SDH-hierarkkian STM-1 CES-liitännällä (*Circuit Emulation Service*) tyypillisesti optisilla kuituilla) tai Ethernet-linkeillä.

Markkinoilla toimivat triple play –verkot ja tarjotut verkkokomponentit ovat kirjavia tason 2 ja 3 toteutuksia. Tason 3 ratkaisut eivät yleensä toteuta Open access –vaatimuksia päinvastoin kuin tason 2 ratkaisut, joilla Open access on suoraan toteutettu.

Ei liene tarkoituksenmukaista, että liikenne- ja viestintäministeriö suosittelisi tarkkaan protokollatasolla millaisella teknologialla Open access pitäisi Suomessa toteuttaa. Sen sijaan on paikallaan antaa yleisempiä ja perusteltuja suosituksia, joilla voidaan rakentaa korkealaatuisia ja tehokkaita Open access –verkkoja myös ”triple play” –tarpeisiin.

Näitä vaatimuksia ja suosituksia on käsitelty luvuissa 3-4.

## 2.4 Palvelusopimukset (SLA) ja Open access

Tämän hetken laajakaistaisissa liitännäverkoissa kapasiteettia jaetaan käyttäjille ns. ”best-effort” –mallilla. Best-effort –mallin suurin puute on se, että palvelu, jonka käyttäjä saa, riippuu verkon sen hetkisestä kuormasta, mikä puolestaan riip-

puu muiden käyttäjien kapasiteettitarpeista. Käyttäjälle ei siten voida taata jotakin määrättyä verkon tehokkuustasoa. Vaikka best-effort –malli onkin kestänyt tähän saakka, pääosin käyttäjien vähäisistä kapasiteettitarpeista johtuen, malli ei ole rohkaissut suurikapasiteettisten palveluiden ja sovellusten yleistymiseen.

Käyttäjien, verkko-operaattoreiden ja palvelunantajien välillä on monimutkainen ”muna-kana” –ilmiö. Käyttäjät eivät halua maksaa kapasiteetista (kaistasta) tai laadusta (QoS) enempää, koska ei ole saatavilla haluttuja palveluita. Ja koska verkko-operaattorit eivät pysty takaamaan kapasiteettia tai haluttua laatutasoa, palveluntarjoajat eivät voi tarjota palveluja. Ja verkko-operaattorit eivät halua tarjota enempää liitöntäkapasiteettia tai parempaa laatua (QoS), koska käyttäjät eivät ole valmiita maksamaan siitä.

Kuvatonlaisista ongelmista johtuen laaturiippuvia palveluita, kuten Video-on-Demand (VoD), ei ole ollut kunnolla saatavilla nykyisessä Internetissä. Pullonkaulana ovat pääasiassa liityntäverkot. MAN (metro)- ja WAN-tason verkoissa on yleensä runsaasti ylikapasiteettia, eivätkä ne siten helpolla kuormitu raskaasti.

Ratkaisuna on ollut yrittää tehdä liitöntäverkkoihin SLA-sopimuksia (*Service Level Agreement*). Tyypillinen SLA sisältää tehokkuustakuut (QoS), kuten minimi kapasiteetin, maksimi pakettien katoamattomuuden, maksimi viiveet, jne. Palveluntarjoaja (SP) pystyy (ainakin periaatteessa) verkko-operaattorin kanssa tekemästään SLA:n sisällöstä riippuen tarjoamaan QoS-pohjaisia palveluita tilaajilleen.

Open access –konseptin SLA-problematiikkaa on käsitelty monien eri teorioiden ja periaatteiden pohjalta, ks. esimerkiksi<sup>9</sup>. Kaikkia ongelmia eikä edes periaatteetakaan ole vielä ratkaistu. Näitä kysymyksiä ei käsitellä enempää tässä selvityksessä.

## 2.5 Kunnalliset Open access -verkot

Open access -malliin on viime aikoina liittynyt kansainvälisesti yleistynvä trendi, että paikalliset hallinnot ja kunnat tai kuntaliittymät ovat alkaneet rakentamaan tällä periaatteella omia laajakaistaisia ”last mile” -verkkoja, koska ne näkevät laajakaistan alueellisen taloudellisen kasvun avaintekijäksi. Tavoitteena on lisäksi yhä useammin seuraavan sukupolven *triple play* –malli, missä käyttäjä saa samasta verkosta Internet-, puhe- ja videopalvelut.

Nopeat televerkot voidaan nähdä kunnassa samanlaisena infrastruktuurina kuin esimerkiksi kaupungin vesi- ja viemäriverkotkin. Toimiessaan ”verkkotukkuriina” kunnat voisivat siten helpottaa asukkaidensa pääsyä nopeisiin palveluihin. Tässä roolissa kunnat eivät yleensä itse suoraan tarjoaisi loppupalveluja, vaan palveluja tarjoaisivat sekä alueelliset että kansalliset jopa kansainväliset monen tyyppiset ”vähittäiskauppiat”. On kuitenkin huomattava, että toimiessaan verkkojen tarjoajana, kunnista tulisi verkko-operaattoreita kaikkine laeissa ja asetuk- sissa määriteltävine velvollisuuksineen ja vastuineen.

<sup>9</sup> Banerjee, A., Mukherjee, B., Kramer, G., Achieving Open Access in Ethernet PON (EPON), Optical Society of America, 2005.

### 2.5.1 Kuntien Open access –verkot vs. operaattoreiden verkot

Joskus on esitetty käsityksiä, että koska kuntien rakentamat verkot on rakennettu Open access –periaatteella, kuntien verkoissa jokainen palvelun käyttäjä voisi siten samalla toimia myös palvelun tuottajana ja että koska operaattoreiden verkot eivät ole Open access –verkkoja, käyttäjä ei niissä voisi siten toimia palveluntarjoajana. Tästä käsityksestä on sitten jopa tehty johtopäätöksiä, että kuntien pitää rakentaa itse verkkonsa. Tämä käsitys on harhaanjohtava ja virheellinen.

Käyttäjä voi toimia palveluntarjoajana myös teleoperaattorin verkossa niin halutessaan joitakin poikkeuksia lukuunottamatta (esim. kiinteistöliittymät). Palveluntarjonnalle pitää asettaa ja on asetettu samat vaatimukset riippumatta siitä liittykö palveluntarjoaja kunnan vaiko teleoperaattorin verkkoon. Vaatimukset liittyvät sekä teknologiaan, palvelun laatuun että vastuukysymyksiin sisällöstä. Open access ei mitenkään vapauta palveluntarjoajaa näistä vaatimuksista.

Käyttäjä voi toimia myös palveluntuottajana siten, että hän hankkii ja liittää palvelulaitteistonsa itse verkkoon ja hoitaa palvelua itse. Eri kysymys on kokonaan onko tämä järkevää ja kannattavaa. Sen sijaan on niin taloudellisesti, taattujen ympäristövaatimusten (laitetilat, sähkö, valmis palvelualusta, osaava palveluhenkilöstö, verkko, IP-osoitteet, ...) ja vastuukysymystenkin osalta perusteltua käyttää jotain valmista ISP/ASP-hosting-palvelua palvelun tarjontaan siten kuin tälläkin hetkellä yleisesti (ks. kohta 2.6). Näin on riippumatta siitä millä liittytäteknikalla (kuitu, kupari, langaton) tai nopeudella tilaaja verkkoon on liittynyt. Kuntien Open access –verkot eivät teknologialtaan tuo tähän lisäetua.

Jos käyttäjä haluaa tarjota esimerkiksi videostream-palveluita tai esimerkiksi VoD-palvelua verkossa, olkoon kysymyksessä Open access –verkko tai ei, palveluliitännän kapasiteetilla on ratkaiseva merkitys. Mutta tässäkin pätee samat perustelut kuin edellä, että onko järkevää itse tarjota ko. palvelua. Tässä yhteydessä on kuitenkin mainittava, että nykyiset ISP-tarjoajat eivät yleensä ottaen ole varautuneet (vielä) VoD- ja IPTV-palvelujen tarjontaan, puhumattakaan TV-ohjelmien siirrosta.

Sen sijaan jos käyttäjä tarjoaa palveluita ISP:nä, koko toiminta nousee uudelle tasolle niin palvelu- ja asiakashallinnan kuin teknologiankin kannalta. Tässä tapauksessa ISP-laitteistot voivat sijaita yritysliittymän päässä ja esimerkiksi kuituverkkoon liitettynä. Käyttäjä ja sen omistama ISP voivat sijaita eri liittymissä.

Kunnan rakentamat verkot eivät siten käyttäjän toimiessa myös palveluntarjoajana ole erityisasemassa teleoperaattoreiden verkkoihin verrattuna. Käyttäjät voivat toimia niin halutessaan, ja jos osaamista riittää, esimerkiksi palveluntarjoajien alihankkijoina olkoon kysymys kuntien tai teleoperaattoreiden verkoista.

Oikealla teknisellä arkkitehtuurilla samassa kuidussa voidaan siirtää sekä dataa (Internet), puhetta (VoIP) että TV-kuvaa ja muuta videoa (VoD, IPTV). Mitään verkkohanketta ei voida perustella ilmaisilla palveluilla, esim. ilmaisilla Internet-puheluilla, mitä perustetta myös on esiintynyt Open access –verkkojen rakentamiselle. Internet-puhelut (esim. Skype) ovat mahdollisia vasta jo rakennetun laa-

jemman IP-infrastruktuurin päällä, mitä joku ISP tarjoaa kunnan Open access – verkossa. Kunta ei voi tarjota ilmaisia palveluita, eikä muitakaan palveluita, koska se Open access –mallissa yleensä ei toimi palveluntarjoajana ollenkaan.

Teleoperaattorit pystyvät rakentamaan tai erottamaan omista verkoistaan niin alueellisia kuin valtakunnanlaajuisiakin Open access –verkkoja jos haluavat. Kysymys lienee kuitenkin sekä ajoituksesta että operaattorin verkon nykytekniikasta. Teleoperaattorit eivät ole nähneet tarvetta vielä<sup>10</sup> (kannattavuus) investoida huippunopeisiin kuituyhteyksiin kaikkialla toimialueellaan. Lisäksi operaattoreiden nykyiset verkot eivät teknisesti sovellu kaikkialla edes nopeaan DSL-laajakaistaan. Kunnat ovat sen vuoksi olleet halukkaita rakentamaan itse nopeita verkkoja alueelleen.

## 2.6 Open access -mallin vaikutus liiketoimintaan

Alueellisiin kuitupohjaisiin verkkoihin on rakennettu runsaasti kapasiteettia. Open access –malliin on siten hyvin varauduttu. Palveluntarjoajien ei tarvitse itse panostaa verkkoihin ja niiltä on siten yksi iso pullonkaula pois. Kullakin palveluntarjoajalla on kuitenkin omia kiinteitä kustannuksia. ISP tarvitsee palvelimia (http, e-mail, DHCP, ...) sekä palveluverkkoonsa reitittimiä ja kytkimiä, VoIP-palvelun tarjoaja tarvitsee VoIP-gatewayn ja videopalvelujen tarjoaja video-gatewayn (Headend) sekä sopimuksia sisältöjen tarjoajien kanssa, jne. Lisäksi tarvitaan operointi- ja hallintajärjestelmät, laskutusjärjestelmät, asiakaspalvelujärjestelmät, jakelukanavia ja erilaista henkilökuntaa eri tasoilla, jne. Investoinnit edellyttävät markkinan minimi kokoa, jotta toiminta olisi kannattavaa.

Pienillä markkinoilla (kuten Suomessa) Open access voi siten olla välttämättömyys palveluntarjoajalle saada toiminta kannattavaksi. Toisaalta liian pieni liiketoiminta voi johtaa pelkästään kerman kuorintaan ja palvelujen kehitys ja uudet innovaatiot voivat jäädä toteutumatta.

Mainittakoon, että USA:ssa Open access –velvoitteet on hiljattain purettu, millä on pyritty saamaan operaattorit investoimaan valokaapeleihin. Suomessa ja muissa Euroopan maissa tällä argumentilla ei ole suurta merkitystä, koska kuituverkko on jo rakennettu lähelle käyttäjiä.

---

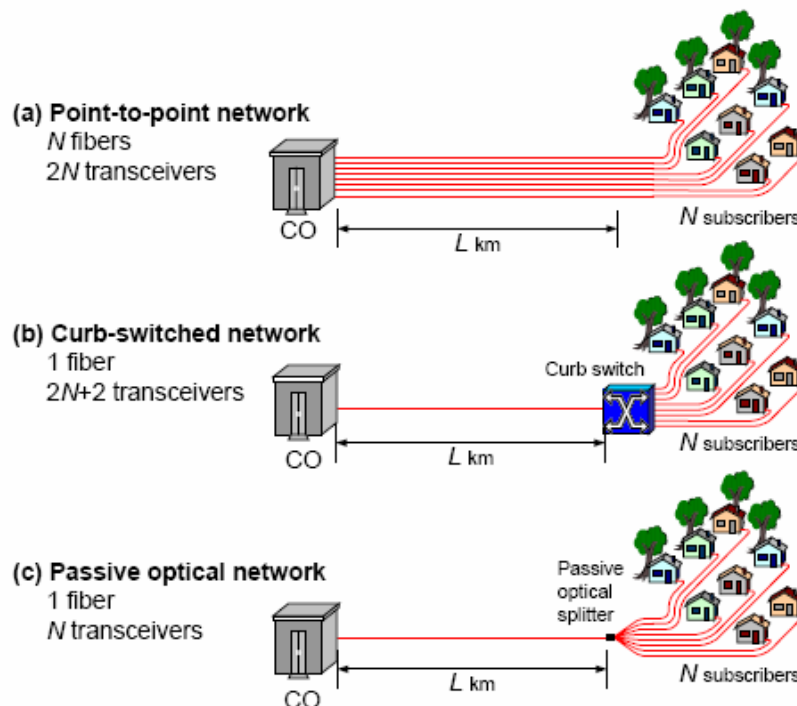
<sup>10</sup> Valokaapeli kotiin, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja, 33/2005.

### 3 OPTISEN VERKON OPEN ACCESS

#### 3.1 FTTH –arkkitehtuurit

FTTH (*Fiber To The Home*) –arkkitehtuurit voidaan jakaa kahteen pääluokkaan, *Home Run* –arkkitehtuuriin ja tähtitopologian mukaisiin arkkitehtuureihin<sup>11</sup>. Tähtiarkkitehtuurit voivat olla aktiivisia tai passiivisia riippuen siitä onko tilaajaa lähempänä olevassa kuidun liitäntäyksikössä (kytkin, multipleksori, haaroitin) sähkösyöttöä vai ei. Passiiviset tähtitopologiat voivat edelleen olla yhden aallonpituuden järjestelmiä tai WDM-järjestelmiä. Edellisessä kaikki tilaajat käyttävät samaa aallonpituutta ja jälkimmäisessä kukin tilaaja aallonpituusmultipleksoinnilla eri aallonpituuksia.

Kuvassa 3.1 on esitetty kolme FTTH-verkkotopologiaa<sup>12</sup>: a) Home Run -verkko, missä kullekin tilaajalle on vedetty verkon keskitinpisteestä (CO) oma kuitu; b) aktiivinen tähti, missä aktiivilaitteeseen (sisältää elektroniikkaa) on vedetty yksi kuitu ja siitä kullekin tilaajalle omat kuidut, ja c) passiivitähti (PON), mikä on muuten sama kuin b), mutta siinä jakolaitteessa ei tarvita sähköä.



**Kuva 3.1**

a) Point-to-point (Home Run),  $N$  kuitua,  $2N$  lähetintä/vastaanotinta, b) aktiivinen tähti, 1 syöttökuitu kytkimeen,  $2N+2$  lähetintä/vastaanotinta, tarvitsee tehonsyötön, c) passiivinen tähti (PON, *Passive Optical Network*), 1 syöttökuitu jakajaan,  $N+1$  lähetintä/ vastaanotinta, yhteys transparenttinen

<sup>11</sup> Banerjee A., Sirbu M., Towards Technologically and Competitively Neutral Fiber To The Home (FTTH) Infrastructure, Carnegie Mellon University, 2004

<sup>12</sup> Pesavento, G., Kramer G., Enabling Next Generation Ethernet Access with Ethernet Passive Optical Networks, National Fiber Optics Engineering Conference, 2003

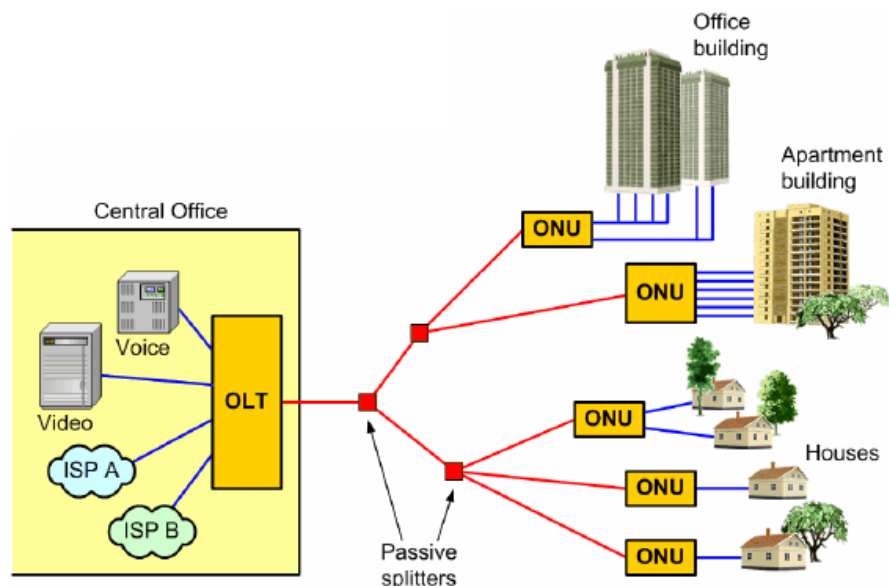
PON-ratkaisu on yksinkertaisempi kuin aktiivitähteen perustuvat ratkaisut, koska se perustuu vain passiivisiin komponentteihin (kuitu, liittimet, haaroitin). Yksikuituiset PON-verkot tarvitsevat vain L kilometriä kuitua (huomioimatta lyhyitä pätkiä tilaajan ja haaroittimen välillä) ja N+1 kpl lähetin/vastaanotinta (kuva 3.1c).

Aktiivisiin optisiin liittymäkomponentteihin (konsentraattorit, portit) perustuvat ratkaisut voivat verkon topologiasta riippuen olla kuitenkin kokonaisuudessaan edullisempia kuin PON-verkot. Tämä johtuu siitä, että aktiiviverkot ovat ulottuvampia ja niissä tarvitaan vähemmän kalliita keskuspään OLT-yksiköitä (ks. seuraavassa). Aktiivisiin liittymäkomponentteihin perustuvilla ratkaisuilla voidaan saavuttaa myös suuremmat tilaajanopeudet (100-1000 Mbit/s).

Open access –konseptin optisia liitäntäverkkoja voidaan rakentaa monilla eri ratkaisuilla ja lopullisen valinnan ratkaisee tarjottavien palvelujen ominaisuudet ja laatuvaatimukset, tilaajien määrä ja maantieteellinen sijainti sekä kokonaiskustannukset.

### 3.1.1 PON-arkkitehtuurit

Kuitu on liitetty verkon päässä (CO) OLT-yksikköön (*Optical Line Termination*), kuva 3.2. OLT-yksikkö voi tukea useita eri siirtoyhteystason liitäntöjä, kuten 100FX Ethernet, SONET/SDH, ATM, Gigabitin Ethernet ja muita. Palveluntarjoajan paikallisyhteydellä CO-pään OLT-yksikössä on monia palveluliitäntöjä puhelinverkkoon, IP-reitittimiin, ATM-kytkimiin tai videoverkkoon liittymistä varten.



**Kuva 3.2** Yleinen PON-arkkitehtuuri<sup>13</sup>

<sup>13</sup> Kramer, G., Tanaka, K., Advances in Optical Access Networks, OFC 2005, Anaheim, CA

Tilaajapään yksikkö on ONU (*Optical Network Unit*), missä voi olla puhelin-verkko-, 10/100 Base-T Ethernet ja joissakin tapauksissa myös RF-video-liitännät.

PON voi olla

- *APON/BPON* -- ATM/Broadband PON (ITU-T G.983), joka käyttää ATM-tekniikkaa siirtoprotokollana. Datanopeudet ovat 155 tai 622 Mbit/s (down- ja upstream). Kehitetty FSAN-ryhmässä<sup>14</sup>, standardoitu 1999-2003.
- *GPON* -- Gigabit-capable PON (ITU-T G.984), perustuu geneeriseen kehystykseen (*Generic Framing Procedure*, G.7041). Datanopeudet voivat olla 1244 tai 2488 Mbit/s (down), 155, 622, 1244 tai 2488 Mbit/s (up). Kehitetty FSAN-ryhmässä, standardoitu 2003-2004.
- *EPON* -- Ethernet PON (IEEE 802.3ah-2004), perustuu Ethernet-tekniikkaan ja MPCP-protokollaan (*MultiPoint Control Protocol*), datanopeudet 1000 Mbit/s (down/up). Kehitetty IEEE:ssä, standardoitu kesäkuussa 2004.

### 3.1.2 EPON-arkkitehtuuri

EPON on saavuttanut yksinkertaisuutensa vuoksi paljon huomiota ja suosiota seuraavan sukupolven laajakaistaverkkoja silmällä pitäen. Optisessa kuidussa siirrettävä dataliikenne kehystetään Ethernet-paketeiksi EFM-ryhmän määrittelemän standardin IEEE 802.3ah mukaisella tavalla (ks. kohta 4.4).

Kuvan 3.2 mukainen optinen haaroitin voi sijaita jakokaapissa tilaajan ulkopuolella (FTTC) tai tilaajan tiloissa (FTTB, FTTH). Tilaajien määrä (arvo  $N$ ) on tyypillisesti välillä 4-64.  $N$ :n kokoa rajoittaa lähinnä siirrettävä signaalin teho. Verkko (OLT) lähettää kaikki paketit kaikille tilaajille ja kukin ONU purkaa datavirrasta vain sille tarkoitettut paketit ja hylkää loput (downstream).

Upstream-suunnassa (ONU-OLT) kullekin ONU:lle allokoidaan omat aikavälit, missä ne lähettävät useita Ethernet-kehyskiä täydellä 1 Gbit/s-nopeudella. Nämä lähetetään sellaisenaan passiivihaaroittimen läpi verkkoon (OLT). EPON-verkon tehokkuus riippuu aikavälien allokointimekanismista. Mekanismi voi olla staattinen (TDMA) tai dynaaminen (statistinen multipleksointi). Aikavälien allokointia varten on kehitetty MPCP-protokolla (IEEE 802.3ah), jota ei käsitellä tässä selvityksessä lähemmin.

#### *EPON ja "triple play"*

EPON on monessa tilanteessa ideaalinen ratkaisu IP-liikenteen välittämiseen, kuten Internet-liitännät, VoIP, VPN ja IP-video. Kun EPON-konseptiin lisätään dynaamisen kaistan allokointi- ja QoS-mekanismit, soveltuu EPON hyvin myös aikakriittisiin sovelluksiin (POTS, TDM-yhteydet).

<sup>14</sup> FSAN (*Full Service Access Network*), suurimpien operaattoreiden ja verkkolaittevalmistajien vuonna 1995 perustama ryhmä. Keskittynyt täyden palvelun verkkoon core-verkkotasolla ja standardointiväylänä ITU.

Kaupalliset ”triple play” –palvelut edellyttävät, että kaistanleveys- ja latenttisuusvaatimukset taataan kunkin sovelluksen yhteydessä. Tämä edellyttää, että paketteja ei saa kadota ja että VoIP- ja videosovellusten viiveet ovat pienet ja että kapasiteetin käyttö on tehokasta.

Edellä esitettyjen vaatimusten toteuttamisen avainkonsepteja ja teknologioita ovat QoS/SLA ja IP-multicast. Esim. QoS/SLA on kuitenkin vaikea kysymys. Pitäisikö SLA olla tilaajakohtainen. Miten tilaajan liikennettä tässä tapauksessa monitoroidaan (laadun määrittämiseksi). Entä pitäisikö QoS määritellä erikseen kullekin sovellukselle ja pitäisikö eri palveluja monitoroida ja laskuttaa toisistaan riippumattomasti. Entä miten erotetaan verkot eri ISP-, puhepalvelu- ja videopalvelujen tarjoajille (Open access).

EPON tarjoaa ”triple play” palvelujen siirron nopeudella 1 Gbit/s (kapasiteetti yhteensä EPON-haarassa). Tämä riittää hyvin, varsinkin kun tilaajien tarjoama liikenne on statistista. Kiinteällä multipleksoinnilla, missä ei käytetä dynaamista kapasiteetin allokointia, tilanne olisi toinen. Jos esim.  $N=50$ , saisi kukin tilaaja vain 20 Mbit/s kapasiteetin.

### 3.1.3 EPON ja Open access

Open access asettaa useita vaikeita kysymyksiä mille tahansa arkkitehtuurille. Seuraavassa Open access –problematiikkaa on käsitelty EPON-arkkitehtuurin kannalta hieman enemmän, koska EPON on lupaava konsepti myös ”triple play”-palveluihin.

EPON liittää useita ISP-tarjoajia useisiin tilaajiin. Kukin tilaaja voi valita eri sovelluksille yhden tai useamman palveluntarjoajan tai useita rinnakkaisia istuntoja. EPON toteuttaa Open access –vaatimukset erottamalla tilaajat ja palveluntarjoajat Ethernet -”emulointialikerroksessa”. ISP:n ja tilaajan datajonojen välillä on looginen linkki.

Nykyinen trendi on tarjota tilaajalle yksi lasku kaikista palveluista. Tilajaat maksavat palveluntarjoajalle (esim. ISP) ja ISP puolestaan liittämispalvelusta verkko-operaattorille. Kenellä tässä tapauksessa on SLA verkko-operaattorin kanssa; tilaajalla vai ISP:llä? Jos SLA on ISP:n kanssa, kuinka taataan palvelutaso tilaajille. Miten verkko-operaattori voi määritellä ja valvoa SLA-vaatimuksia, jos tilaajat jatkuvasti vaihtavat ISP:stä toiseen. Jos taas SLA on tilaajan kanssa, miten ISP maksaa verkon käytöstä operaattorille (käyttäjäkohtainen lasku, kiinteä hinta, ...). Vai pitäisikö verkko-operaattorilla olla kaksi eri SLA-sopimusta, toinen tilaajan ja toinen ISP:n kanssa. Mikä olisi toimintaperiaate tässä tapauksessa?

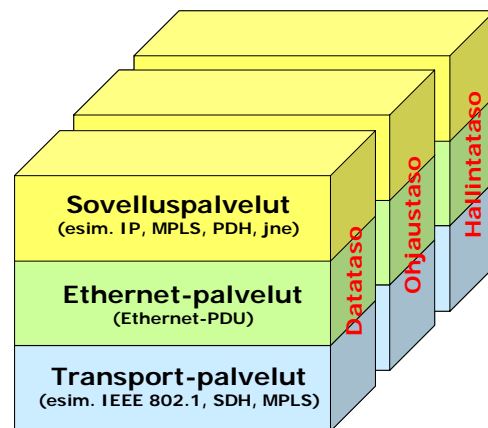
On vielä huomattava, että tilaaja ei voi tehdä liittymäsopimusta suoraan verkko-operaattorin kanssa. Tämän kieltää EU-tasolla määritelty yleispalveludirektiivi, missä verkko-operaattori toimii tukkurina. Liittymäsopimuksen sisällä voi olla SLA.



## 3.2 Open access –arkkitehtuuri

### 3.2.1 Open access –kerrosmalli

Tässä selvityksessä Open access –verkkomalli on kolmikerroksinen, kuva 3.3. Siirtoyhteyskerroksena (L2) on Ethernet-kerros, koska se parhaiten soveltuu avoimiin Open access –tarpeisiin (ks. kohta 2.3) . Muina kerroksina ovat Kuljetuspalvelu (Transport)-kerros (L1) ja Sovelluspalvelukerros (L3). Open access –verkkomalli perustuu client/server –arkkitehtuuriin. Nämä kerrokset sisältävät erikseen omat data-, ohjaus- ja hallintatasot (kuva 3.3). Hallintataso sisältää mm. QoS-määrittelyt.



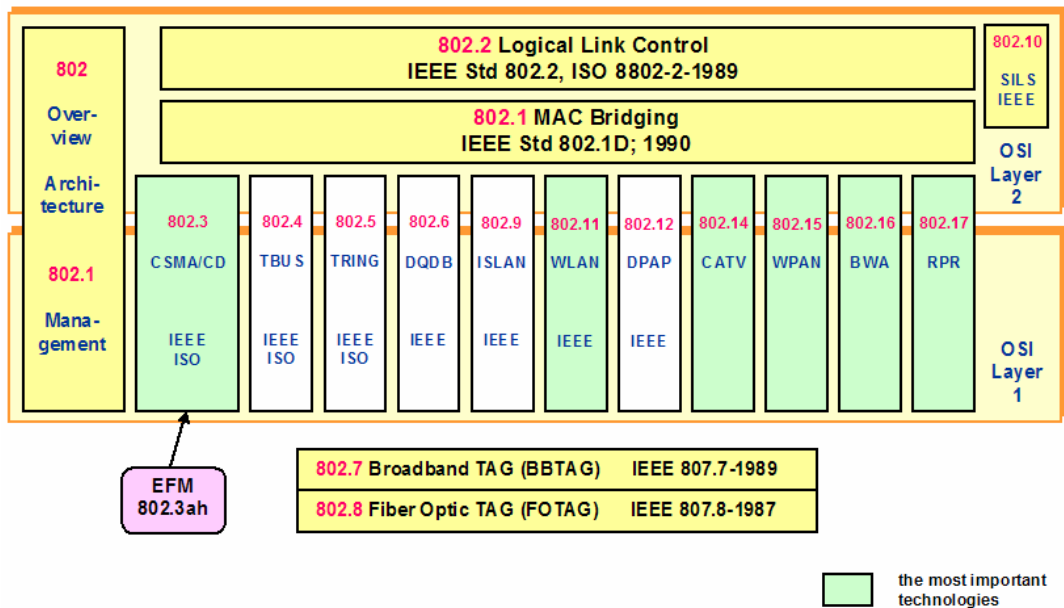
**Kuva 3.3**

Open access -kerrosmalli

Kuljetuskerros tukee Ethernet-kerroksen vaatimia yhteystoimintoja sen palveluista riippumattomalla tavalla. Ethernet-palvelun toiminnalliset vaatimukset voidaan toteuttaa monilla erilaisilla verkko- ja liitäntäteknikoilla, kuten IEEE 802.3 PHY (CSMA/CD), 802.1 (sillatut verkot), SDH-verkot, ATM VC, OTN, PDH E1, MPLS LSP, jne. Ks. lyhenteiden selitykset liite 1.

Kuvassa 3.4 on IEEE 802 verkko- ja protokolla-arkkitehtuuri tärkeimmille eri fyysisille yhteyksille. Kuvassa ovat myös uudet IEEE 802.3ah (EFM), langaton WiMAX (802.16), kaapelimodemyhteydet (802.14) sekä joustavat pakettirenkaat (802.17). IEEE 802.3 (CSMA/CD) on tuttu jokapäiväisistä Ethernet-verkoista, 802.11 WLAN- sekä 802.15 esim. Bluetooth-verkoista (802.15.1).

Sovelluspalvelukerros tukee Ethernet-kerroksen palveluilla toteutettuja Open access –verkon yli siirrettyjä monen tyyppisiä sovelluksia. Näitä ovat esimerkiksi verkkopalvelut IP, MPLS, PDH E1, jne. Sovelluspalvelukerros voi sisältää myös Ethernet-kerrosta täydentäviä lisätoimintoja. Sovelluspalvelukerros voi muodostua useammasta alikerroksesta, joista kukin voi tukea yhtä tai useampaa ylempää kerrosta koko sovelluspalvelukerroksen pinon käyttöön (esim. Internet, VoIP, VoD/IPTV, Video Head-end, jne), ks. esimerkki kuvassa 3.8.



**Kuva 3.4** IEEE 802 verkko- ja protokolla-arkkitehtuuri

### 3.2.2 Open access -palvelurajapinnat

Open access –palvelurajapintoja on tässä selvityksessä käsitelty oheisen kuvan 3.5 mukaisen arkkitehtuurin avulla. Arkkitehtuuri pohjautuu Metro Ethernet –infrastruktuuriin (ks. kohta 4.5).

Hajautetussa arkkitehtuurissa on määritelty seuraavat kerrostetut rajapinnat

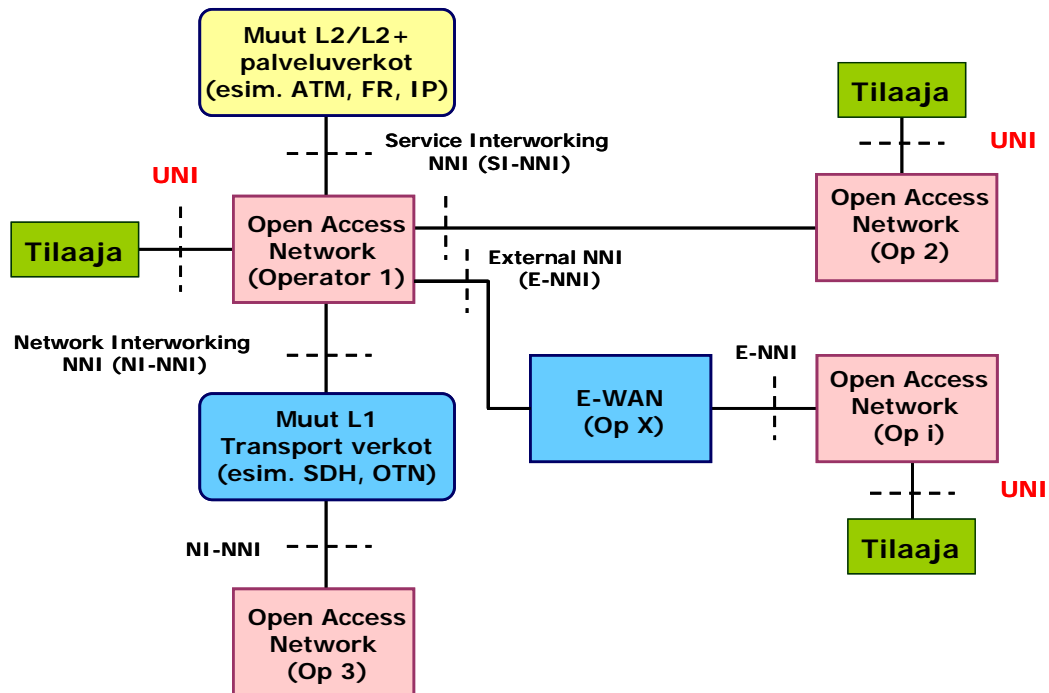
- UNI (*User-to-Network Interfaces*)
- SI-NNI (*Service Interworking – Network-to-Network Interface*)
- NI-NNI (*Network Interworking NNI*)
- E-NNI (*External NNI*)

### 3.2.3 UNI

UNI määrittelee palvelurajapinnan (protokolla, QoS) millä tilaaja suoraan tai tilaajaverkko liittyy Open access –verkkoon. Tilaajaverkko voi olla FTTH-, xDSL- tai esimerkiksi langaton laajakaista tai kaapelimodemiverkko (ks. kohta 3.2.1). UNI määrittelee myös referenssipisteen, missä alkaa Open access –operaattorin vastuu (*demarcation*). Tilaaja voi olla kuluttaja tai yritys ja siten myös SP (Internet, VoIP, VoD/IPTV, Video Headend).

Käytännön Open access –verkko voi muodostua kylä-, kunta- ja/tai maakunta-verkosta ja useimmiten tavoitteena on pystyä käyttämään samaa verkkoa sekä kuluttaja- että yrityskäyttöön (ks. lähemmin kohta 5.2.1).

UNI-liitäntä voi olla esimerkiksi 100 Mbit/s FastEthernet tai 1 Gbit/s Ethernet. Varsinkin yrityssovelluksissa UNI- ja muutkin kuvan 3.5 mukaiset liitännät voivat olla myös uusien Metro Ethernet –määrittelyjen mukaisia (ks. kohta 4.5).



**Kuva 3.5** Hajautetun Open access –verkon ulkoiset rajapinnat ja vastaavat referenssipisteet (mallina Metro Ethernet)

### 3.2.4 E-NNI

E-NNI määrittelee avoimen liitännän kahden Open access –verkon liittämiseksi suoraan toisiinsa tai yleisen Ethernet-verkon välityksellä (E-WAN, kuva 3.5). E-NNI voi määrätyissä tapauksissa tukea muitakin kuin varsinaisia Ethernet-palvelun (native) protokollia.

E-NNI voi olla esimerkiksi kylä- ja kuntaverkon tai kuntaverkon ja maakunta-verkkojen välinen liitäntä tai esimerkiksi kahden maakunnan oman Open access –verkon välinen liitäntä, jotka on liitetty toisiinsa GigaEthernet-yhteydellä.

### 3.2.5 NI-NNI

NI-NNI määrittelee avoimen liitännän, joka tukee Ethernet-palveluiden ja niitä vastaavien EVC-yhteyksien (*Ethernet Virtual Circuit*) vaatimia siirtoverkon laajennuksia, jotka eivät suoraan tarjoa päästä-päähän Ethernet-palvelua. Esimerkkejä muista siirtoverkoista ovat OTN, SDH, ATM, FR, RPR, jne (kuva 3.5).

### 3.2.6 SI-NNI

SI-NNI määrittelee avoimen rajapinnan, minkä kautta kommunikoidaan muiden kuin Ethernet-pohjaisten Open access -verkkojen kanssa (FR, ATM, IP, jne).

### 3.2.7 Ohjaavat standardit ja teknologiat

Open access –kehitystä ohjaavat standardit ja teknologiat voidaan jakaa avoimiin tai suljettuihin standardeihin ja teknologioihin. Tässä selvityksessä käsitellään vain edellisiä.

Open access voidaan toteuttaa periaatteessa millä tahansa OSI-tasolla 0-3 (ks. kohta 2.2.1).

Tässä selvityksessä on suositeltu, että Open access toteutetaan tasolla 2 (siirtoyhteyskerros, L2) ja vielä siten, että siirtoyhteyden teknologiana on Ethernet läpi koko verkon tilaajalta palveluntarjoajalle saakka.

#### *Metro Ethernet*

Open access –verkkoihin ei ole tarvinnut kehittää omia standardeja läpi koko palveluketjun tilaajalta palveluntarjoajalle. Open access voi hyödyntää olemassa olevia verkko- ja sovellusstandardeja. Ethernet-standardien ja –teknologioiden rooli on kuitenkin merkittävästi vahvistunut viime vuosina myös Open access –tarpeisiin.

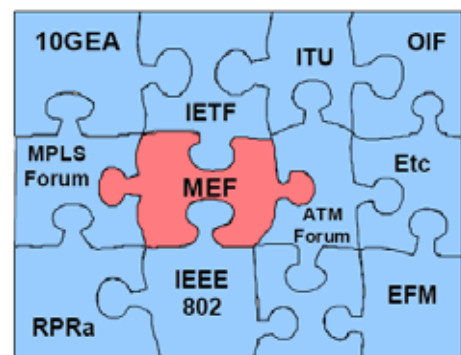
Ethernet-tekniikan jalostamista varten Ethernet-palveluiksi on olemassa Metro Ethernet Forum (MEF), missä on laajennettu Ethernet- ja muita siihen läheisessä suhteessa olevia muita standardeja (kuva 3.6). Ks. lähemmin kohta 4.5.

Open access –verkon perusstandardit liitännöittäin (kuva 3.5) on esitetty taulukoissa 3.1 ja 3.2. Riippuen siitä käytetäänkö siltaavia vai reitittäviä yhteyksiä, käytetään erilaista protokollaa.

On huomattava, että Open access voi käyttää mainittuja standardeja monin tavoin ja että käytännön ratkaisuissa on useimmiten myös vanhempaa teknologiaa.

#### **Kuva 3.6**

Kuitupohjaisiin Open access –verkkoihin sovelletaan useita standardeja. MEF hyödyntää olemassa olevia standardeja ja täydentää puuttuvat ominaisuudet Ethernet-ympäristöön Ethernet-palveluiksi.



**Optics**



**Taulukko 3.1** Open access –tilaajayhteyden perusstandardit erilaisilla esimerkkiihteyksillä (L2/Ethernet)

Tilaajayhteys	Kupari		Kaapeli	Langaton	Kuitu
Konsepti	xDSL	EFM/ Ethernet VDSL	DOCSIS	WiMAX	EPON
L2/MAC	(PPPoE)	802.3	(PPPoE)	(802.3)	802.3
L1 PHY	xDSL	802.3ah	802.14	802.16	802.3ah

**Taulukko 3.2** Open access –liitäntöjen perusstandardit, sovellukset ja siirtoyhteystaso (L2/Ethernet)

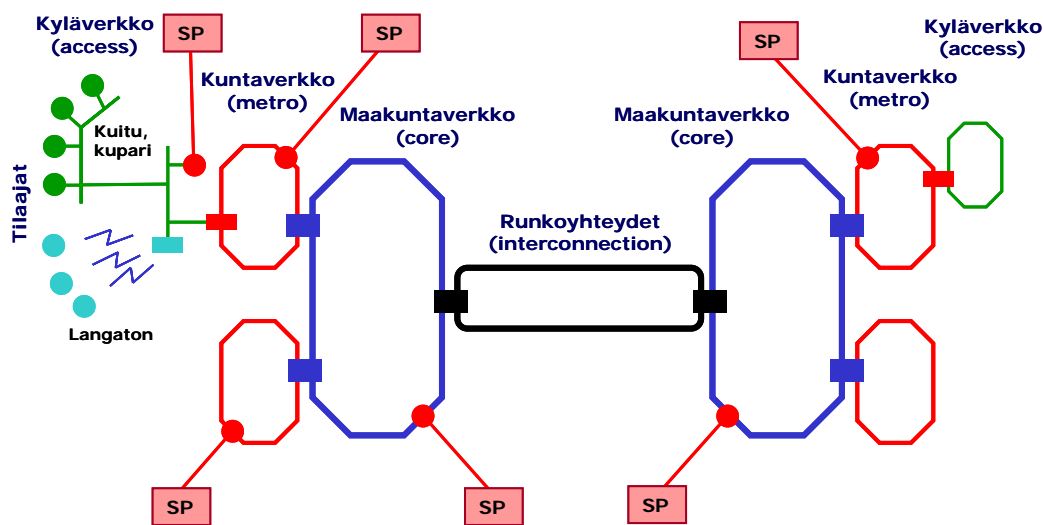
Liitäntä	UNI	E-NNI	NI-NNI	SI-NNI
Kuituverkko	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 802.3/802.3ad multilink</li> <li>- 802.1q (VLAN)/ 802.1q (QoS)</li> <li>- 802.3</li> <li>100/1000 Mbps Optinen PHY</li> </ul>	Suora: 802.3z	<ul style="list-style-type: none"> <li>- esim. 10 GB</li> <li>- 802.3z</li> <li>- SDH, G.707</li> <li>- G-Opt. PHY</li> <li>- OTN, G.709</li> <li>- DWDM, RPR</li> </ul>	ATM, FR, IP: <ul style="list-style-type: none"> <li>- L2/L3-protokollat</li> <li>- MPLS</li> <li>- mikä tahansa PHY</li> </ul>
		E-WAN: - 802.3z G-Opt.PHY		
Internet-SP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- http, ftp, e-mail, ...</li> <li>- TCP/UDP/IP</li> </ul>	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 802.3</li> <li>- mikä tahansa PHY</li> </ul>			
VoIP-SP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- MGCP, SIP, H.323</li> <li>- RTP/UDP/IP</li> </ul>	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 802.3</li> <li>- mikä tahansa PHY</li> </ul>			
VoD/IPTV - SP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- VoD-sovellus/ MPEG-2/4/UDP</li> <li>- IGMP/IP</li> </ul>	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- unicast/802.3</li> <li>- mikä tahansa PHY</li> </ul>			
Video Headend - SP	<ul style="list-style-type: none"> <li>- videopalvelin-sovellus/MPEG-2/4/UDP</li> <li>- IGMP/IP</li> </ul>	-	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- multicast/ 802.3/802.3ad multilink</li> <li>- 802.1p (VLAN)/ 802.1g (QoS)</li> <li>- mikä tahansa PHY</li> </ul>			

### 3.3 Maakuntien Open access -verkot

Käytännön Open access –verkkojen tavoitteena on rakentaa ne modulaarisiksi siten että niissä olisi selkeät alue- ja rajapinnat niiden välillä. Maakunnallisessa Open access –verkossa voidaan tasoina erottaa (kuva 3.7)

- kyläverkko (liitântätaso, access)
- kunta- eli seutuverkko (metro-taso), ja
- maakuntaverkko (runkoverkkotasotaso, core)

Maakuntien Open access –verkkoja on käsitelty lähemmin luvussa 5.



**Kuva 3.7** Maakunnallisten Open access –verkkojen perusrakenne

Liitântätasoon (access-taso) luetaan usein kuuluvaksi lisäksi tilaajayhteydet (FTTx, xDSL, WiMAX, ...). Arkkitehtuuritasolla kukin mainituista verkko-tasosta on periaatteessa oma Open access –verkkonsa. Maakunnalliset Open access –verkot yhdistetään kansallisilla runkoväylillä toisiinsa ja kansainväliselle tasolle.

On huomattava, että kuvan 3.7 mukainen rakenne on yleinen ja siinä voidaan esimerkiksi yhdistää kunta- ja maakuntatasot samaksi verkoksi tilanteesta riippuen.

Open access –verkot liitetään toisiinsa solmupisteissä, joita ovat kyläsolmu, kunta/maakuntasolmu ja kansallinen solmu. Solmu on tyypillisesti sen vaatimasta kapasiteetista riippuen pieni tai iso silta, reititin tai kytkin.

Palveluntarjoajat (SP) voivat liittyä Open access –verkkoon periaatteessa millä tasolla tahansa. Palveluntarjonta (SP) voi muodostua joko keskitetysti tai hajautetusti seuraavista palveluista

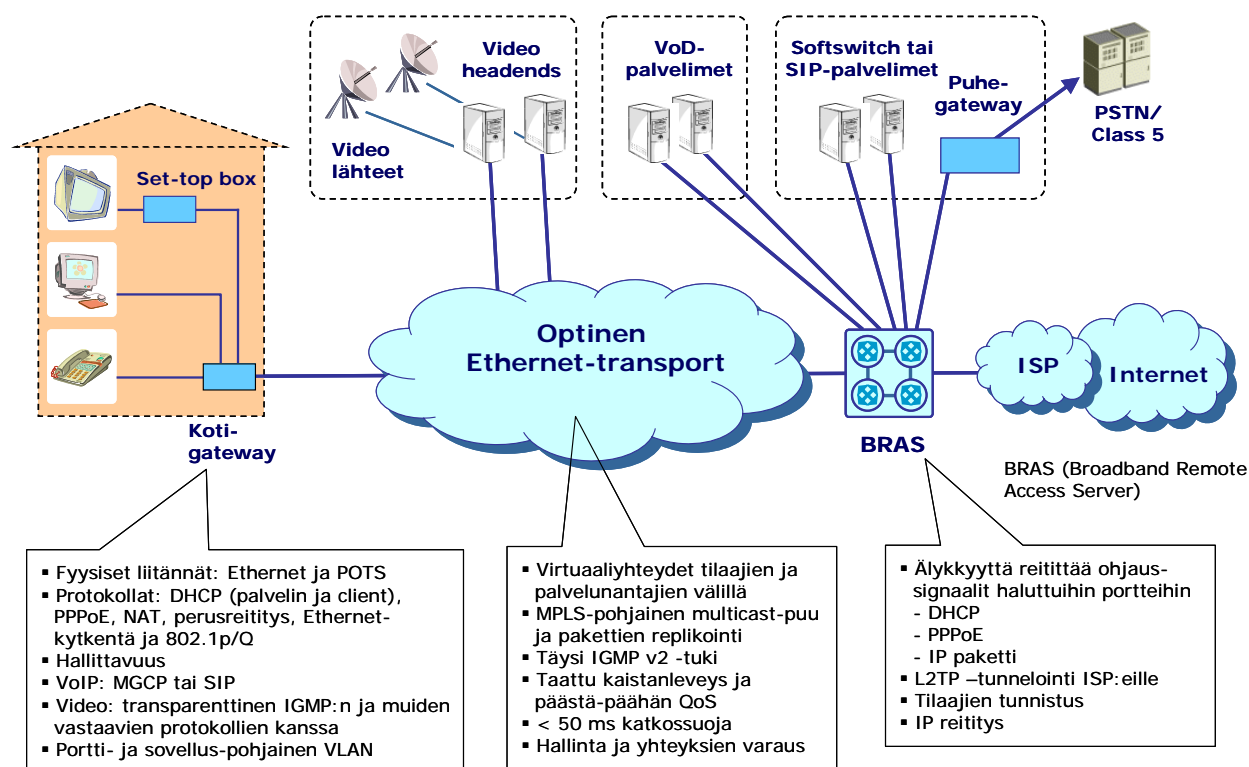
- Internet –sovellukset (http, ftp, e-mail, ....)
- erilaiset data-yhteydet
- puhesovellukset (mm. VoIP)
- videosovellukset (VoD/ IP-TV, digi-TV, HDTV)
- jne

Kuvan 3.7 mukainen Open access –verkko soveltuu sekä kuluttaja- että yritys-käyttöön samoilla periaatteilla.

### 3.4 Open Access –esimerkkejä

Seuraavassa on esitetty pari käytännön Open access -ratkaisua ja -tuotteita. Nämä perustuvat Metro Ethernet –standardien mukaisiin toteutuksiin.

Kuvassa 3.8 on Atrican kehittämä kuitutekniikkaan perustuva ”triple play” –konsepti. Atrica, Inc. (USA, Ca) on Metro Ethernet Forumin kantavia jäseniä. Tämä konsepti on käytössä mm. laajaa mielenkiintoa herättäneessä Ranskan Pau-verkossa. Käytetyt protokollat ja teknologiat on esitetty kuvassa. Metro- ja core-verkkona on Gigabitin Ethernet.



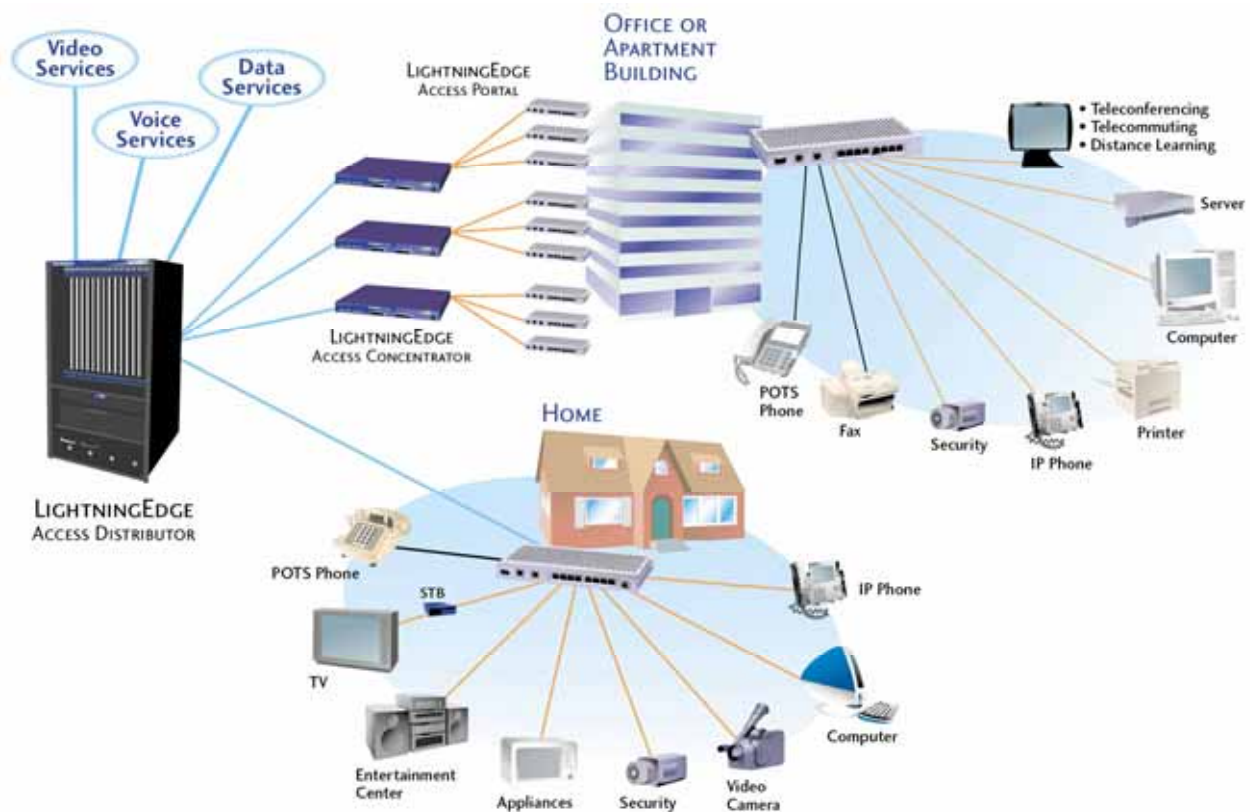
**Kuva 3.8** Esimerkki optiseen Ethernet-verkkoon perustuvasta triple-play -palvelujen Open access –toteutuksesta, Atrica<sup>15</sup>

<sup>15</sup> Tournesac Francois, Atrica Inc., Triple-Play Services and Open Access, ITU-T Workshop All Stars Access Network, Geneva, 2-4 June 2004

Tämä ratkaisu toteuttaa kuvassa 3.5 esitetyn arkkitehtuurin sekä taulukoiden 3.1 ja 3.2 mukaiset avoimet rajapintastandardit. Vastaavia Open access -verkkoja voidaan edelleen liittää toisiinsa esimerkiksi SDH- tai E-WAN –siirtoyhteyksien avulla laajemmiksi kansallisiksi tai kansainvälisiksi Open access –verkoiksi.

Kuvassa 3.8 on vain yksi mahdollinen Open access –toteutusmalli. Muitakin on tarjolla. Kaikissa kehityskelpoisissa todellisissa Open access -malleissa on kuitenkin yhteisenä piirteenä, että ne on toteutettu siirtoyhteystasolla (L2).

Kuvassa 3.9 on “triple play” –esimerkki Open access –laitteistosta (World Wide Packets, USA). Tämä teknologia on käytössä myös Närpiössä, Dynamonetin Open access -verkossa (ks. kohta 5.2.3)<sup>16</sup>. Sama verkko soveltuu sekä yritys- että kuluttajakäyttöön.



**Kuva 3.9** Esimerkki kehittyneestä Open access –verkosta (World Wide Packets, USA)

<sup>16</sup> Lähde: Matti Rautanen, Neterum Oy.



## 4 LIITÄNTÄVERKKOJEN UUDET INNOVAATIOT

### 4.1 Open access –konseptin ajovoimat

Open access tulisi toteutua toisaalta markkinoiden ohjaamana verkkokonseptina ja toisaalta järkevästi tuetuin julkisin hankkein siellä missä markkinat ovat liian pienet (syrjäseutujen laajakaista). Tietoyhteiskunnan palveluihin tulisi päästä erilaisin tilaajan valitsemien ja operaattorin tarjoamien yhteyksin. Sekä käyttäjillä että palvelutarjoajilla tulisi olla vaihtoehtoja.

Yritysten laajakaistatarpeet ja kuluttajien ”triple play” –kehitys johtaa ennen pitkää siihen, että liitäntäverkot tulevat olemaan kymmenien, jopa satojen megabitien väyliä ja teknologiavaihtoehtoja on vähemmän.

Verkkoteknologiat yksinkertaistuvat ja madaltuvat hierarkkialtaan. Voittajatekniikaksi on selviytymässä Ethernet, joka skaalautuu LAN-verkoista WAN-verkkoihin saakka yli kaikkien siirtotekniikoiden (kupari, kaapeli, langaton, kuitu) megabiteista kymmeniin gigabiteihin saakka sekunnissa.

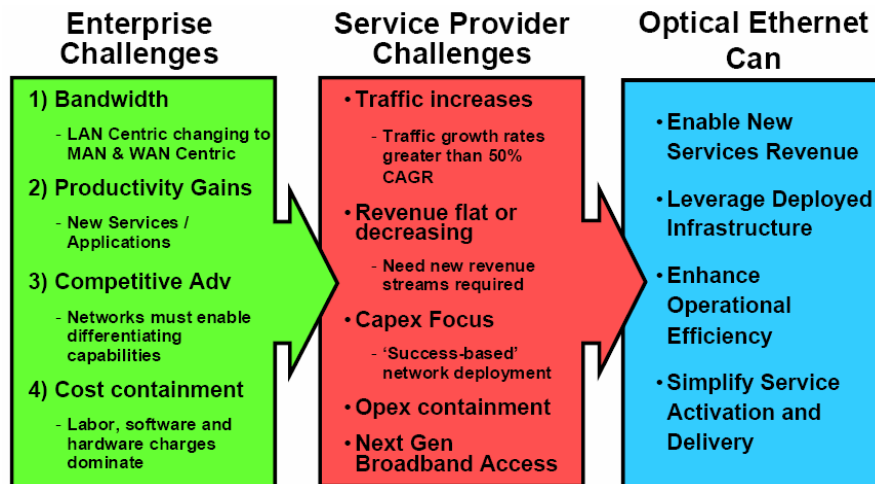
Laajakaistaisissa ”triple play” –verkoissa kuitutekniikka tulee olemaan keskeinen tekijä. Kuitutekniikka ja Ethernet ovatkin seuraavien sukupolvien verkkojen peruspilareita. Metro Ethernet Forum (MEF) on jalostanut Ethernet-tekniikan ns. ”carrier-level” Ethernet-palveluksi. Ks. lähemmin kohta 4.5.

Kuvassa 4.1 on esitetty laadultaan joustavien ja korkeatasoisten laajakaistayhteyksien (ns. ”carrier-level”) palveluita ja sovelluksia ja kuvassa 4.2 Ethernet-pohjaisen kuituverkon markkinahaasteita ja kehityksen ajovoimia.

Business	Mobile	Residential
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ultimate Connectivity</li> <li>• Data Center Consolidation</li> <li>• Gigabit connectivity between businesses</li> <li>• Storage and disaster recovery</li> <li>• Guaranteed rate multi-megabit Internet access</li> <li>• Video conferencing &amp; broadcast</li> <li>• Business telephony</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wireless backhaul</li> <li>• Wi-Fi Access delivery</li> <li>• WiMAX infrastructure</li> <li>• 3G and beyond wireless</li> <li>• Next gen data services</li> <li>• High resolution photo</li> <li>• Wireless video</li> <li>• Gaming</li> <li>• Digital TV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Triple Play with IPTV</li> <li>• 100's of TV channels</li> <li>• Video on demand</li> <li>• Video recording/playback</li> <li>• Interactive video apps</li> <li>• Multi-megabit Internet access</li> <li>• Remote learning</li> <li>• Gaming</li> </ul>

**Kuva 4.1** ”Carrier”-tasoisten laajakaistaverkkojen ajovoimia<sup>17</sup>

<sup>17</sup> Nan Chen, Bob Metcalfe, Carrier Ethernet – shaping the industry, MEF Presentation 04.03.2003



**Kuva 4.2** Ethernet-pohjaisen kuituverkon haasteita ja kehityksen ajovoimia<sup>18</sup>

Open access –laajakaista voidaan toteuttaa kuituyhteyksien lisäksi myös kuparijohdoin, kaapelein ja erilaisin langattomin teknologioin. Protokollatasolla Ethernet on muodostumassa yhtenäiseksi siirtoyhteydeksi läpi kaikkien siirtoteknologioiden paikallistasolta globaaliin verkkoihin saakka.

Seuraavassa on tarkasteltu tilaajayhteyksien DSL-teknologioita ja langattomia ratkaisuja sekä Ethernet-teknikalla toteutettua uutta tietoverkkoarkkitehtuuria.

**Huom.**

Tässä toimeksiannossa ei ole selvitetty eri liitäntätekniikoiden mahdollisia siirtoteknisiä rajoitteita tai ongelmia, kuten ylikuulumista, vääristymiä, vaimennuksia, monitie-etenemisiä, jne. Näillä voi olla tilanteesta riippuen ratkaisevaa merkitystä varsinkin suurilla nopeuksilla.

## 4.2 Kuparikaapeleiden suuri merkitys ja uusi renessanssi

Digitaalisten modulaatio- ja koodausmenetelmien ja kansainvälisten standardien huima kehitys toisaalta ja tehokkaiden sekä kustannuksiltaan edullisten DSP- ja ASIC-piirien saatavuus toisaalta ovat aiheuttaneet aivan muutaman viime vuoden aikana lähes räjähdysmäisesti erilaisten DSL-ratkaisujen tarjonnan ympäri maailmaa. Kuparisilla parikaapeleilla voidaan laboratorio-oloissa siirtää digitaalista signaalia jo gigabittinopeudella sekunnissa, tosin vielä lyhyillä muutamien kymmenien metrien matkoilla.

### 4.2.1 50 Mbit/s 500 metrin -- 200 Mbit/s 100 metrin etäisyydelle

DSL-teknikat kehittyvät hyvin nopeasti. Jo käytössä olevilla ADSL2+ -modemeilla päästään 24 Mbit/s:lla muutaman kilometrin, VDSL-modemeilla 52 Mbit/s:lla noin puolen kilometrin ja toukokuussa 2005 hyväksytyn VDSL2-standardin modemilla 100 Mbit/s:lla muutaman sadan metrin päähän tyypillisillä kuparisilla parijohdoilla<sup>19</sup>.

<sup>18</sup> John Hawkins, State of the Industry for Optical Ethernet, MEF/Nortel Networks, NFOEC, Sept 7. 2003

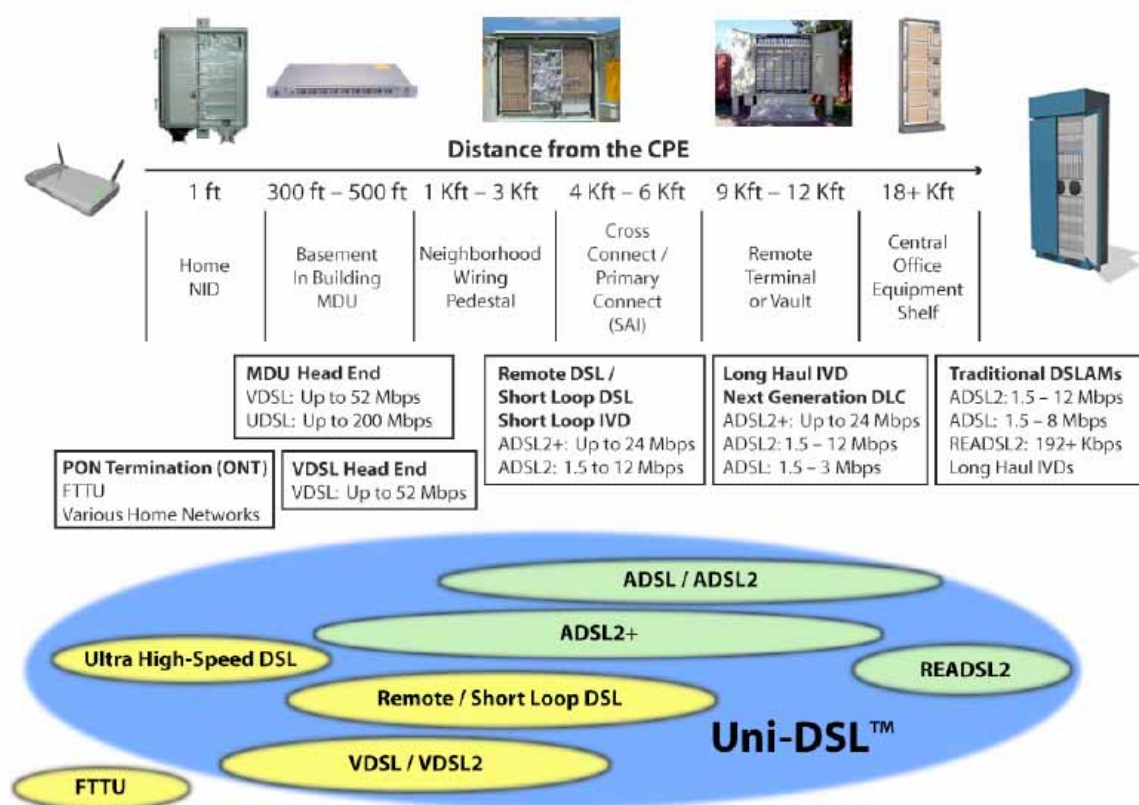
<sup>19</sup> Very High Speed DSL Standard to accelerate Universal Access to Multiple Broadband Services, DSL Forum, 1. June 2005.

Uusin DSL-teknologia on lisäksi hyvin joustavaa, koska siinä voidaan suhteellisen vapaasti valita symmetristen ja asymmetristen nopeuksien välillä (esim. VDSL: 50/50 tai 70/40 Mbit/s).

Texas Instruments on julkistanut suunnitelmiaan uudesta universaalista, dynaamisesti taajuusspektriä käsittelevästä ja siirtonopeutta adaptiivisesti muuttavasta, ADSL- ja VDSL-modemien kanssa yhteensopivasta UDSL-piiristä (*Uni-DSL*), joka ylittää jopa 200 Mbit/s:n aggregate-nopeuksiin (*bonding*) saakka 100-200 metrin matkalla<sup>20</sup>. UDSL-modemi kykenee käyttämään niputettuja parikaapeleita (*cable bonding*) yhtenä loogisena ”kaapelina”. UDSL-modemien pitäisi olla markkinoilla 2006.

#### 4.2.2 DSL-tekniikka joustaa

Kuvassa 4.3 on esitetty suunnitelma, millä DSL-teknologioita voidaan käyttää liitännäverkossa eri pisteissä ja eri pituisilla ”last mile” -yhteyksillä ja eri nopeuksilla. DSL-tekniikka soveltuu siten hyvin tuleviin seuraavan sukupolven laajakaistaverkkoihin joissakin tapauksissa joko kuidun rinnalle tai sen jatkeeksi, missä tilaaja voi valita sopivan siirtonopeuden sopivaan hintaan.



**Kuva 4.3** DSL-teknologioiden siirtonopeuksia eri kaapelipituuksilla ja vastaavia liitännäpisteitä tilaajan ja verkon välissä (yksikkö ft (foot), jalka = n. 30 cm)

<sup>20</sup> Uni-DSL™: One DSL for Universal Service, Texas Instrument White Paper, June 2004.

Esimerkiksi 50 Mbit/s:n ”triple play” –liittymä voidaan tuoda kotitalouteen yhdellä kupariparilla jopa 500 metrin päässä sijaitsevasta kuituverkosta. Kuparikaapeleita on vedetty yleensä vähintään kaksi paria per kotitalous, jotka niputtamalla saadaan joko nopeampi liittymä tai ulottuvampi tilaajayhteys.

#### *4.2.3 DSL-tekniikan laaja markkina*

Maailmassa on varovaisesti arvioiden 800 miljoonaa kuparikaapeleita käyttävää puhelinliittymää. Erilaisille DSL-tekniikoille ja niihin perustuville palveluille on siten helppo ennustaa hyvin suuria markkinoita vielä pitkäksi aikaa eteenpäin. Siten myös DSL-tekniikan kehitys on taattua. Kiinteät kuparikaapelit elävät kapasiteettinsa ja käytettävyytensä puolesta uutta renessanssikautta, mihin uusimmillakaan mobiili ja langattomilla tekniikoilla ei päästä kaupallisesti vielä vuosiin.

#### *4.2.4 Sisältöjen kompressio*

Kun siirtotekniikan kehitykseen samalla yhdistetään erilaisten sisältöjen (ääni, kuva, video, multimedia) digitaalisen kompressiotekniikan (esim. JPEG2000, MP3, MPEG-4) ja rakennestandardien (esim. XML) nopea kehitys, jo kohtuunopeuksilla yhteyksillä on voitu tarjota vaativienkin multimedia- ja jopa hyvälaatuisten videosisältöjen siirtoa niin kuluttajille kuin yrityksiinkin.

Kuparikaapelit tulevat siten näyttämään merkittävää roolia seuraavan sukupolven verkoissa vielä pitkään (NGN).

### **4.3 Langaton laajakaista**

Laajakaistaan on tarjolla myös lukuisia langattomia tekniikoita ja uusia kehitetään. Siirtonopeudet yltävät megabiteistä satoihin megabiteihin sekunnissa. Se, mikä tekniologia tai tekniikat selviytyvät voittajiksi, jää nähtäväksi. Varmaa kuitenkin, että langaton laajakaista on tullut jäädäkseen. Tähän on syynä se, että kuparia tai kuitua ei voida tuoda kaikille tilaajille ja että vain langattomilla tekniikoilla voidaan tarjota mobiliteettia.

#### *4.3.1 WLAN/WiFi, WiMAX, 4G-laajakaistat*

Langattomat tekniikat ovat kehittyneet nopeasti viime vuosina. 2,4 GHz:n taajuuksille rakennettu pienisoluinen (säde 50-100 m) WiFi on jo yleisessä käytössä niin kuluttajilla kuin yrityksissäkin ja sen nopeudet ovat kasvaneet 11 Mbit/s:sta (IEEE 802.11b) 54 Mbit/s:iin (802.11g).

11 GHz:n alataajuuksia käyttävä, suurempisoluinen (säde tyypillisesti < 10 km) WiMAX (802.16) on tulossa kaupalliseen käyttöön vuoden parin sisällä. WiMAX on hyvin laajasti tuettu tekniologia ja siitä odotetaan muodostuvan standardivarustus kannettaviin mikroihin ja PDA-laitteisiin nykyisen WiFin rinnalle.

Edellisten lisäksi kaupallisesti edulliset suurisoluiset (säde 5-20 km) 450 MHz:n taajuutta käyttävät Flash-OFDM- ja cdma450 1xEV-DO –verkot tuovat uusia vaihtoehtoja langattomaan laajakaistaan.

Suomessa 450-teknologiaksi on valittu puhtaasti IP-teknologiaan perustuva tehokas ja innovatiivinen Flash-OFDM (toistaiseksi standardoimaton). Tällä teknologialla päästään 1,25 MHz:n kaistalla tyypillisiin tilaajanopeuksiin 1-1,5 Mbit/s (downlink) ja 300-600 Mbit/s (uplink). Uusimman version vastaavat hetkelliset datanopeudet voivat olla jopa 5.3 ja 1.8 Mbit/s<sup>21</sup>.

#### 4.3.2 3G-HSDPA

Myös mobiiliverkot tarjoavat vaihtoehtoja interaktiivisiin laajakaistan perustarpeisiin. Tämän hetkisen 3G:n perusdatanopeus on luokkaa 200-300 kbit/s (max 2 Mbit/s). 3G:n viritetyllä HSDPA-tekniikalla (*High Speed Downlink Packet Access*) siirtonopeudet ovat tyypillisesti luokkaa 2-3 Mbit/s (max.14 Mbit/s).

Kaupalliseksi verkkotuotteeksi HSDPA ajoittune 2006-2008. Ensimmäisiä HSDPA-datakortteja tulee markkinoille jo tänä vuonna (2005) ja puhelimia tämän jälkeen 2006-2007.

#### 4.3.3 Yli 20 GHz liitântäratkaisut

Uutta liitântäteknologiaa on näköpiirissä myös 20 GHz:ia suuremmille taajuuksille eli ”millimetri”-aalloille. Uudet teknologiat lähestyvät jo Shannonin teoreettista kapasiteettirajaa, kuva 4.4. Näillä tekniikoilla voidaan toteuttaa leveitä kanavia ja saavuttaa siten satojen megabitin siirtonopeuksia tyypillisesti muutamien kilometrin matkalla. Nämä teknologiat kilpailevat joissakin tapauksissa siten jopa kuituyhteyksien kanssa.

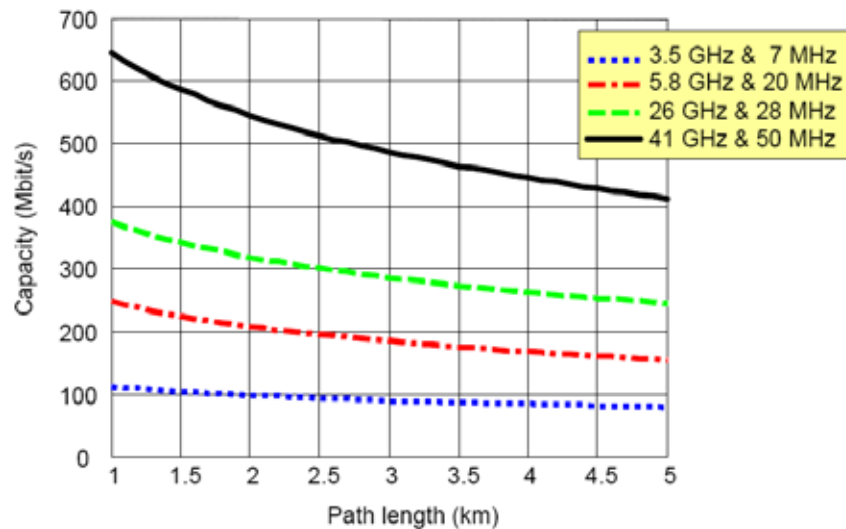
Esimerkkinä voidaan mainita Dragonwave (Ottawa, Kanada), joka on jo pian viiden vuoden ajan kehittänyt Airpair-tekniikkaansa 18-28 gigahertsin taajuusalueelle<sup>22</sup>. Vastikään julkistettu Airpair 200 pystyy jo 200 megabitin sekuntinopeuksiin 18 kilometrin kantamalla, kun käytössä ovat lisensoitavat taajuudet. Maksimissaan dataa liikkuu purskeissa peräti gigabitin nopeudella molempiin suuntiin, sillä kyse on full duplex -linkistä.

Millimetriaaltotekniikka tulee kaupalliseen käyttöön laajemmin vasta joidenkin vuosien kuluessa. Voittavana on vielä monia teknisiä esteitä.

Laajakaistaisissa teknologioissa voidaan odottaa samanlainen kehitysvaihe kuin DSL- ja WLAN-teknologioidenkin kohdalla. DSL- ja WLAN-tekniikoiden pilotti- ja käyttöönottovaiheet standardoinnin rinnalla kestivät 1990-luvun loppupuolella monia vuosia, mutta sen jälkeen kun tekniikat kypsyivät, avautuivat myös massamarkkinat ja hintataso romahti, minkä jälkeen näiden tekniikoiden käyttöönotto on ollut 2000-luvulla räjähdysmäistä.

<sup>21</sup> Flarion Technologies, Inc., Mobile Broadband Terminals – Flash-OFDM Chipset & Integration Solutions, Whitepaper, June 2005.

<sup>22</sup> Veijo Ojanperä, Millimetriaallot päihittävät kuidun, Prosessori-lehti, 25.1.2005.



**Kuva 4.4** Tulevien langattomien laajakaistateknologioiden maksimi hetkellinen kapasiteetti/yhteyspituus eri radiotaajuuksilla ja kanavaleveyksillä<sup>23</sup>.

#### 4.3.4 4G- ja muut nopeat ratkaisut

Tulevien mobiili ja kiinteiden verkkojen konvergenssi ja all-IP, mitä konseptia kutsutaan laajasti 4G-järjestelmäksi, tuo omia ratkaisuja myös langattomaan laajakaistaan. 4G on kuitenkin vielä konseptiasteella eikä esimerkiksi sen aikatauluja vielä tarkemmin tiedetä.

Langattomaan laajakaistaan on tarjolla myös muita ratkaisuja. Näistä on mainittava jo lähitulevaisuuden digi-TV varustettuna 3G-paluukanavalla (mm. mobiili digi-TV), lyhyen kantaman ultra-wide band (UWB), vapaan tilan optiset yhteydet (FSO) ja tulevaisuuden terahertsitekniikat.

## 4.4 Ethernet to First Mile (EFM)

Ethernet to First Mile (EFM) on IEEE 802.3ah –standardissa määritelty uusi teknologia, jolla Ethernet-palvelut viedään yhtenäisesti liitältä- ja Metro-verkkojen yli. IEEE hyväksyi standardin kesäkuussa 2004.

### 4.4.1 Ethernet-tekniikan voittokulku

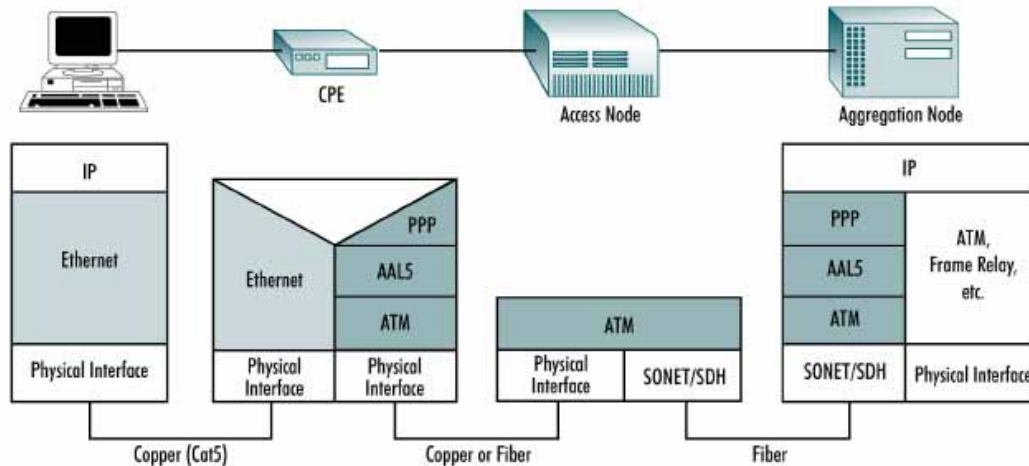
IDC:n mukaan vuonna 2004 myytiin yli 200 miljoonaa Ethernet-porttia ja siitä lähtien, kun Ethernet keksittiin 31 vuotta sitten (Bob Metcalfe, Xerox Parc, Palo Alto, 1973), Ethernet-portteja on myyty yhteensä 3,1 miljardia kappaletta<sup>24</sup>. Ei siten ole yllättävää, että useimmat kuluttajien ja yritysten yhteydet alkavat ja päättyvät Ethernet-yhteyden päällä IP-protokollalla.

<sup>23</sup> Tjelta, T., Bråten, L-E., Howson, C., Montalant, T., Development in broadband wireless access, Broadband Europe, Brugge, Belgium, 8-10 Dec. 2004.

<sup>24</sup> Ethernet Takes On The World, MEF announces Carrier Ethernet – evolution towards ultimate broadband, MEF April 12, 2005

#### 4.4.2 Yhtenäinen siirtoyhteystaso -- Ethernet

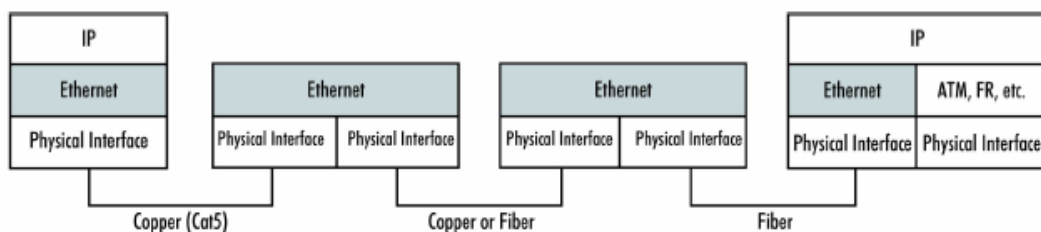
Tällä hetkellä kun liikenne kulkee paikallisyhteyden ja -verkon läpi WAN-yhteydelle ja ulos, tarvitaan useita protokollia ja liitäntöjä sekä erilaisia laitteita suorittamaan tarvittavia muunnoksia (kuva 4.5)<sup>25</sup>.



**Kuva 4.5** Nykyiset laajakaistan lukuisat protokollat ja laitteistot

Yhteys voi sisältää PPP-protokollia sekä ATM-kytkentää ja/tai SONET/SDH-yhteyksiä. Laajakaistan päästä-päähän yhteydellä voi olla DSL-modemeita, DSLAM-verkkolaitteita ja reitittimiä sekä kytkimiä. Kun verkon protokollamuuntimien määrä kasvaa, kasvaa myös verkon kompleksisuus ja kustannukset.

EFM-ratkaisut madaltavat liitäntäverkon hierarkkia ja tarjoavat yhtenäisen putken LAN-, MAN ja WAN-verkkojen läpi, missä Ethernet on ainoa päästä-päähän siirtoyhteysprotokolla (kuva 4.6). EFM-ratkaisussa tarvitaan vähemmän ja yksinkertaisempia siirtolaitteita, mikä säästää kustannuksia ja vähemmän protokollamuunnokset ja pienempi kulkuajaviive lisäävät myös kapasiteettia.



**Kuva 4.6** EFM yksinkertaistaa liitäntäverkkoa

<sup>25</sup> Ethernet in the First Mile – Making Universal Broadband Access A Reality, EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance) White Paper, November 2003.

#### 4.4.3 Yhtenäinen konsepti eri topologioille

EFM-konsepti on sama olkoon kyseessä naapuriyhteydet, yrityspuisto, kampus, tai yksittäinen rakennus riippumatta käyttöympäristöstä, etäisyyksistä tai käytettävästä siirtomediasta. Siirtomedia voi olla kuparinen parikaapeli (Cat 1-5), koaksiaalikaapeli tai kuitu.

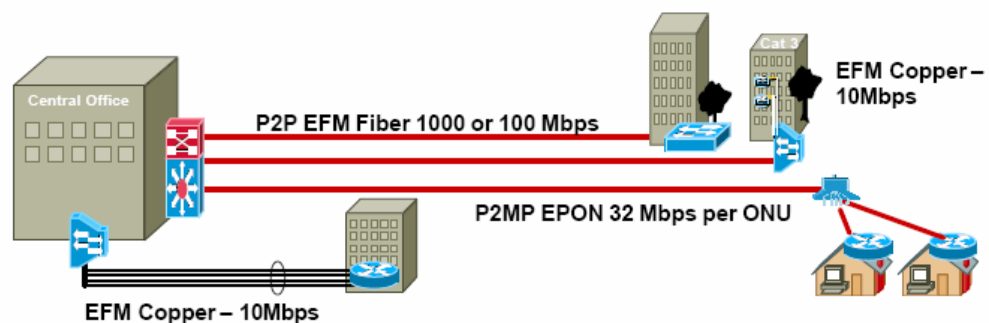
EFM tukee kaikkia edellä mainittuja tilanteita ja tarjoaa yhtenäisen arkkitehtuurin seuraavissa verkkotopologioissa

- kuparikaapeloidut point-to-point (p2p) -verkot
- kuitukaapeloidut point-to-point (p2p) -verkot
- kuitukaapeloidut point-to-multipoint (p2mp) -verkot

EFM-topologioiden minimivaatimukset on esitetty yhteenvetona taulukossa 4.1 ja havainnollistettu kuvassa 4.7.

**Taulukko 4.1** Kolme topologiaa samassa EFM-arkkitehtuurissa

Topologia	Ratkaisu
Kuparikaapelit, p2p	EFM Copper (EFMC) olevissa kuparikaapeleissa esim. VDSL-tekniikalla (EoVDSL), nopeudet vähintään 10 MBit/s ja etäisyydet vähintään 750 m, tai vähintään 2 Mbit/s vähintään 2700 m. On huomattava, että EFMC-nopeudet ja etäisyydet kehittyvät DSL-tekniikan myötä (ks. kohta 4.1).
Kuitukaapelit, p2p	EFM Fiber (EFMF) yksimuotokuidussa, nopeuksilla 100 ja 1000 Mbit/s vähintään 10 km etäisyydelle.
Kuitukaapelit, p2mp	EFM PON (EFMP): optisessa kuidussa nopeudella 1000 Mbit/s 20 km etäisyydelle.



**Kuva 4.7** Kolme eri EFM-topologiaa<sup>26</sup>

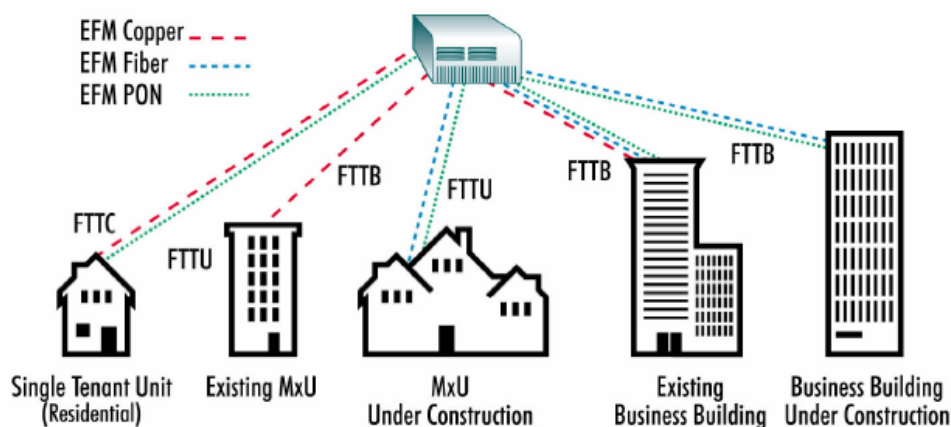
<sup>26</sup> Lim Wong, Metro Ethernet Standards, Cisco 2003



Kolme EFM-topologiaa ovat toisiaan täydentäviä. Kaupungeissa tai tiheään asutuilla seuduilla, missä on jo paljon rakennettuja kuituyhteyksiä, EFMF tai EFMP voi olla optimaalinen ratkaisu. EFMF soveltuu hyvin myös uusille asuinalueille, mihin rakennetaan kuituyhteydet, sekä kotitalouksiin.

EFMC on todennäköisesti paras ratkaisu siellä missä on toimiva puhelinverkon parikaapeli-infra ja missä siirtonopeusvaatimukset eivät ole satoja megabittejä sekunnissa.

Paikallisverkkoa uudistetaan ja päivitetään monilla eri tavoin joko operaattoreiden toimesta tai muiden rakennushankkeiden yhteydessä. Usein kuitu on jo tuotu rakennukseen (FTTB) tai se on lähellä tilaajia olevassa kaapissa (FTTC). Jotkut tilaajat ovat saaneet kuidun kotiin saakka (FTTH). EFM-ratkaisut on kehitetty juuri tällaisiin erilaisiin tarpeisiin (kuva 4.8)<sup>27</sup>. Verkko-operaattori voi lisäksi rakentaa hybridi-ratkaisuja (EFMH).



**Kuva 4.8** EFM-ratkaisun käyttö erilaisissa käyttäjäympäristöissä

## 4.5 Metro Ethernet

### 4.5.1 Ethernet –tekniikan edut

Ethernet on laajentunut LAN- ja liitäntäyhteyksiltä alue (metro, MAN) - ja kansallisiin (WAN) verkkoihin ja on poistamassa MAN- ja WAN-verkkojen pulonkaulat seuraavista syistä:

#### *Kustannustehokkuus*

Ethernet-laitteiden kustannukset ovat merkittävästi pienemmät kuin perinteisten siirtotekniikoiden (TDM, FR, ATM) kustannukset. Tämä johtuu osaltaan Ethernet-tekniikan laajasta levinneisyydestä (ks. kohta 4.4.1) ja osaltaan Ethernet-

<sup>27</sup> Ethernet in the First Mile – Making Universal Broadband Access A Reality, EFMA (Ethernet in the First Mile Alliance) White Paper, November 2003.

tekniikan yksinkertaisuudesta. Myös Ethernet-verkkojen operointikustannukset ovat yleensä merkittävästi matalammat kuin perinteisten televerkkojen operointikustannukset juuri teknologian yksinkertaisuudesta johtuen.

#### *Helppo liikennöinti*

Ethernet-tekniikan käyttö sekä LAN-, MAN- että WAN-verkoissa poistaa eri verkkotekniikoiden väliset yhdysliikennetarpeet (esim. Ethernet/ATM) niin tilaajalaitteissa kuin verkkojen välilläkin. Tämä yksinkertaistaa järjestelmien liitäntöjä ja konfigurointia sekä integrointia muihin verkkolaitteisiin.

#### *Joustava, skaalautuva, helppo ottaa käyttöön*

Yksinkertainen laitteistotekniikka, vähempi ja kevyempi yhdysliikenteen tarve ja nopea Ethernet-siirtoteknologia madaltaa huomattavasti käyttöönoton kustannuksia ja mahdollistaa *on-demand* –palvelutarjonnan. Ethernet voi tarjota hyvin skaalautuvat siirtonopeudet, yhdestä megabitistä yhteen, jopa kymmeneen gigabittiin sekunnissa, 1 Mbit/s:n välein. On-demand –siirtonopeudet voidaan toteuttaa nopeasti, jopa tilaajan omin toimenpitein web-pohjaisin välinein.

### 4.5.2 Metro Ethernet Forum

Yksi tärkeimmistä ”triple play” –teknologian tuki- ja standardointielimistä on Metro Ethernet Forum (MEF). Foorumin missiona on multigigabittitasoisen Ethernet-tekniikan ja palvelujen määrittäminen maailmanlaajuisesti Ethernet Metro -verkoissa sekä ”carrier-class” Metro-Ethernet -verkkoteknologioiden ja –palveluiden edistäminen ja kehittäminen<sup>28</sup>. Näitä tavoitteita varten MEF on määritellyt arkkitehtuurit sekä Ethernet-verkkopalveluille että QoS-palveluille.

MEF-organisaatioon kuului huhtikuussa -2005 n. 75 jäsenyritystä.

### 4.5.3 Mikä on Metro Ethernet ?

Metro Ethernet viittaa sekä Metro Ethernet -palveluihin tai Metro Ethernet –verkkoihin tai molempiin. Metro Ethernetin perusmalli on esitetty kuvassa 4.9<sup>29</sup>. Tilaajalaitteet (CE) liitetään verkkoon yhtenäisen liitännän UNI-kautta (ks. myös kuva 3.5), missä siirtonopeus voi olla standardina 10 Mbit/s, 100 Mbit/s, 1 Gbit/s tai 10 Gbit/s.

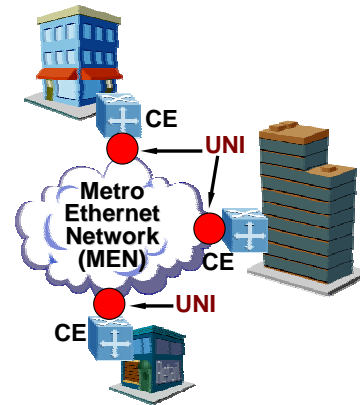
Tilaajalaite voi olla reititin tai IEEE 802.1q –parametreilla ohjattava silta (kytkin). UNI-liitäntä voi olla standardi IEEE 802.3 Ethernet PHY ja MAC.

Metro Ethernet –verkko (MEN) voi käyttää erilaisia siirto- ja palvelunjakelutekniikoita, kuten SONET/SDH, WDM, RPR, MAC-in-MAC ja MPLS.

Metro Ethernet Network –palvelua tarjoaa MEN –operaattori, joka voi olla esimerkiksi Open access –verkon tarjoaja.

<sup>28</sup> MEF, Position Statement, [http://www.metroethernetforum.org/mef\\_positioning\\_statement.pdf](http://www.metroethernetforum.org/mef_positioning_statement.pdf)

<sup>29</sup> Colin Evans, WDM & Metro Optical Networking, MEF/Native Networks, 2<sup>nd</sup> July, 2004.



**Kuva 4.9**  
Metro Ethernet -perusmalli

MEF on määritellyt seuraavat kaksi peruspalvelua.

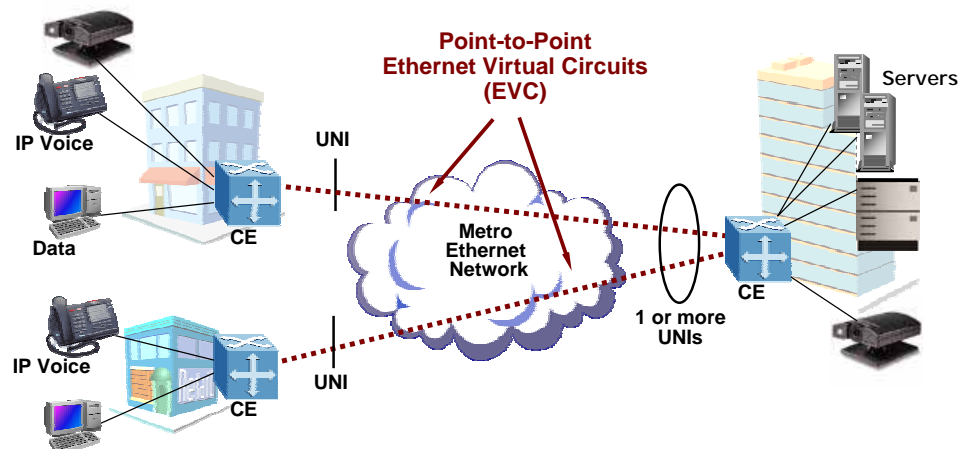
- Ethernet Line –palvelu
- Ethernet LAN –palvelu

Muita palveluita voidaan määritellä myöhemmin.

#### *Ethernet Line –palvelu*

Ethernet Line –palvelu (E-Line) tarjoaa point-to-point Ethernet Virtual Connection (EVC) -yhteyden kahden UNI-liitännän välille (kuva 4.10). Yksinkertaisimmillaan E-line –palvelu tarjoaa symmetrisen datakapasiteetin kumpaankin suuntaan ilman laatutakeita, eli ”best effort” –palvelun kahden 10 Mbit/s UNI-liitännän välillä. Monipuolisemmissa toteutuksissa E-line –palvelu voi tarjota kapasiteetti-, viive- ja värinä (jitteri) -takuut ja pakettien katoamattomuustakuut eri siirtonopeuksilla.

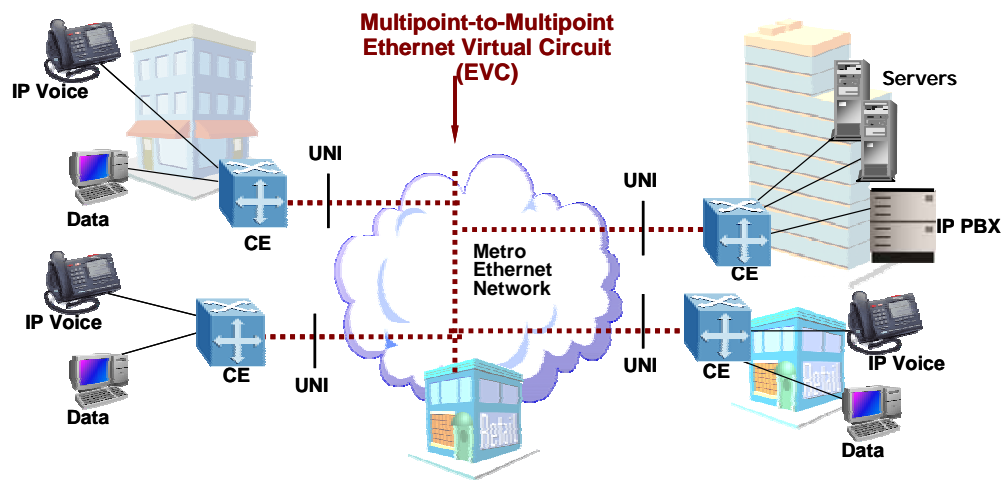
E-Line –palvelulla voidaan toteuttaa muita verkkopalveluita mm. multipleksoidulla samalle yhteydelle useita EVC-yhteyksiä.



**Kuva 4.10** Point-to-point EVC –yhteyksiä käyttävä E-Line -palvelu

### *Ethernet LAN –palvelu*

Ethernet LAN –palvelu (E-LAN) tarjoaa multipoint-yhteyksiä eli se voi kytkeä toisiinsa kaksi tai useampia UNI-liittymiä (kuva 4.11). Yhdestä UNI-liittännästä lähetetty data voidaan vastaanottaa yhdessä tai useammassa muussa UNI-liittännässä. Kukin tilaajapää (UNI) on liitetty multipoint-EVC –yhteyteen. Kun lisätään uusia tilaajia, ne yhdistetään samalle multipoint-EVC –yhteydelle, mikä yksinkertaistaa palvelun toteutusta ja aktivointia. Tilaajan näkökulmasta katsottuna E-LAN –palvelu näyttää MEN-verkon paikallisena LAN-verkkona.



**Kuva 4.11** Multipoint EVC –yhteyksiä käyttävä E-LAN -palvelu

E-LAN –palvelua voidaan käyttää monien erilaisten palvelujen ja sovellusten toteuttamiseen. E-LAN –palvelussa on samanlaiset laatuparametrit kuin E-Line –palvelussakin.

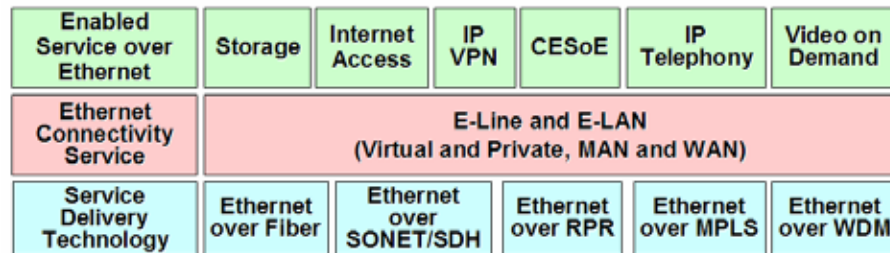
### *Metro Ethernet –palvelujen määrittelykehikko*

Metro Ethernetin kaksi palvelutyyppiä (E-Line, E-LAN) ovat perusluokkia, joiden sisällä voidaan määritellä lukuisia toisistaan poikkeavia palveluja palveluattribuuteilla ja niiden parametreilla. Palveluattribuutit on luokiteltu seuraavasti

- Ethernet –fyysinen liitäntä
- liikenneparametrit
- tehokkuusparametrit
- palveluluokka
- palvelukehyksen jakelu
- VLAN –tag tuki
- palvelun multipleksointi
- palvelujen niputtaminen (bundling)
- tietoturvasuodattimet

Metro Ethernetin peruspalveluilla ja palveluattribuuteilla määritellään esimerkiksi yritysten suljetut Intranet/Extranet L2-verkot, erilaiset ”triple play” –sovellukset, kuten broadcast TV-jakelu, IPTV- ja VoD-palvelut, VoIP, jne.

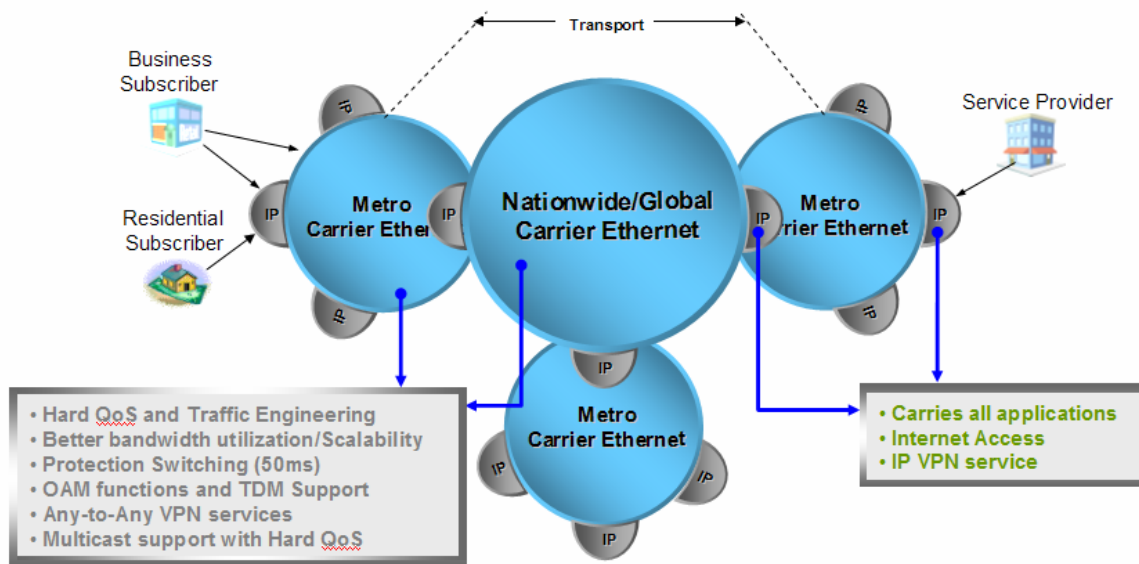
Kuvassa 4.12 on yhteenveto Metro Ethernet –palveluista ja sovelluksista sekä fyysisistä verkoista.



**Kuva 4.12** Yhteenveto Metro Ethernet -palveluista<sup>30</sup>

#### 4.5.4 Uusi tietoverkkoarkkitehtuuri

Metro Ethernet –palveluilla ja palveluattribuuteilla voidaan toteuttaa uusi laajakaistainen paikallinen, kansallinen tai globaali verkkoarkkitehtuuri sekä yritystä kuluttajapalveluihin ja sovelluksiin (kuva 4.13).



**Kuva 4.13** Carrier Ethernet - uusi universaali kuljetuspalvelujen infrastruktuuri<sup>31</sup>

<sup>30</sup> Ralph Santitoro, Metro Ethernet Services Overview, March 2004

<sup>31</sup> Nan Chen, Bob Metcalfe, Carrier Ethernet – shaping the industry, MEF Presentation 04.03.2003

### *Carrier-tason Ethernet-palvelun ominaisuuksia*

Carrier-tason Ethernet on palvelu, missä on määritelty lukuisia ominaisuuksia varsinaisen Ethernet-tekniikan päälle. Näitä ovat

#### Skaalautuvuus

- palvelujen ja kapasiteetin osalta
- tuki sadoille tuhansille yhtäaikaistaville EVC-yhteyksille
- megabiteista x10 Gbit/s –tilaajanopeuksiin

#### Palveluhallinta

- nopea palvelujen luonti
- “carrier class” OAM –ominaisuudet (*Operation, Administration, Management*)
- asiakkaan verkonhallinta (CNM, *Customer Network Management*)

#### TDM-tuki

- joustava integrointi ja yhdysliikenne TDM-verkkoihin
- piirikytken emulointipalvelut (CES)
- olevien puhepalveluiden tuki

#### Hard QoS

- taattu päästä-päähän SLA
- päästä-päähän CIR (*Committed Information Rate*) ja EIR (*Excess Information rate*)
- ottaa huomioon sekä yritys-, mobiili- että kuluttajatarpeet

#### Suojaus

- 50 ms katkokset
- päästä-päähän yhteyden suojaus
- paikallisen yhteyden ja solmun suojaus (*Aggregated Line & Node Protection*)

MEF on määritellyt Metro Ethernet –palvelun arkkitehtuurin, rajapinnat, palvelut ja muut ominaisuudet ja vaatimukset omissa standardeissaan (taulukko 4.2).

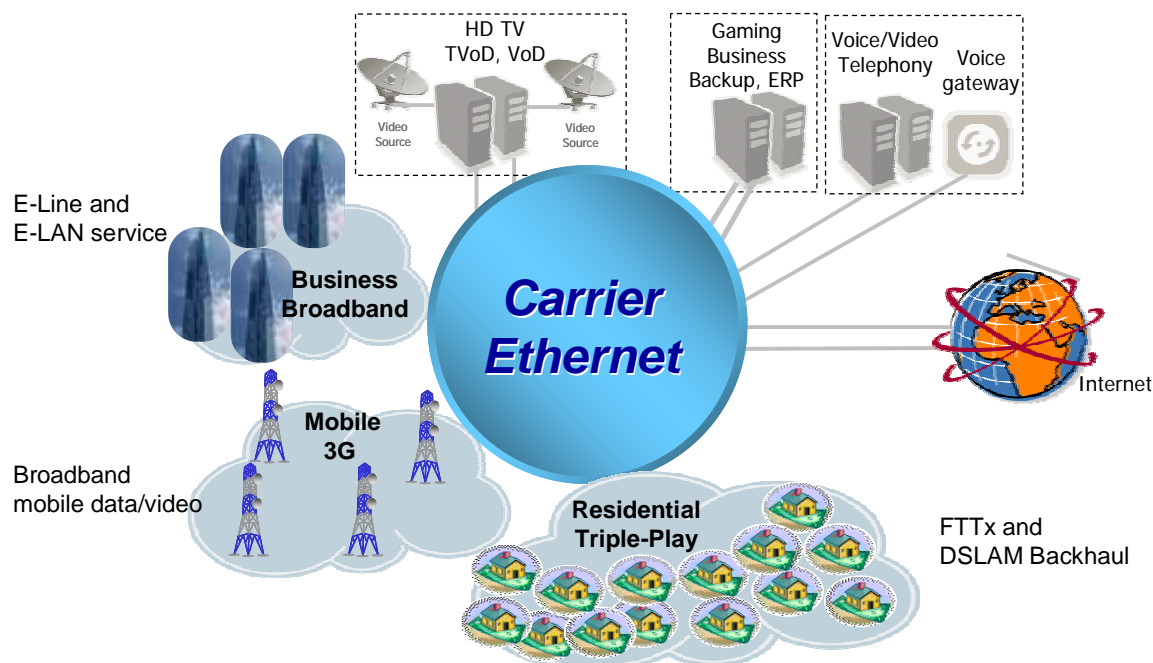
#### *4.5.5 Metro Ethernet ja Open access*

Metro Ethernet soveltuu arkkitehtuurinsa ja siinä määriteltyjen palvelujen osalta erittäin hyvin Open access –verkkoihin. Metro Ethernet skaalautuu suljetuista yritysverkoista satojen tuhansien käyttäjien massamarkkinaan. Open access –operaattorilla on käytössään L2-tason Carrier Ethernet -palvelu, eikä pelkkä Ethernet-tekniikka. Ethernet-palvelua voidaan tarjota sellaisenaan palveluntarjoajille ja käyttäjille niin yritys- kuin kuluttajamarkkinassakin. Metro Ethernet –palvelussa on myös hyvin määritellyt vaatimukset ja työkalut palvelutasoille (QoS) ja palvelusopimuksille (SLA).

Kuvassa 4.14 on esimerkki Carrier Metro Ethernet –pohjaisesta Open access triple play –monipalveluverkosta. Metro Ethernet –verkko soveltuu erinomaisesti myös esimerkiksi digitaalisten 3G-mobiiliverkkojen runkoverkoksi.

## Taulukko 4.2 MEF-määrittelyt

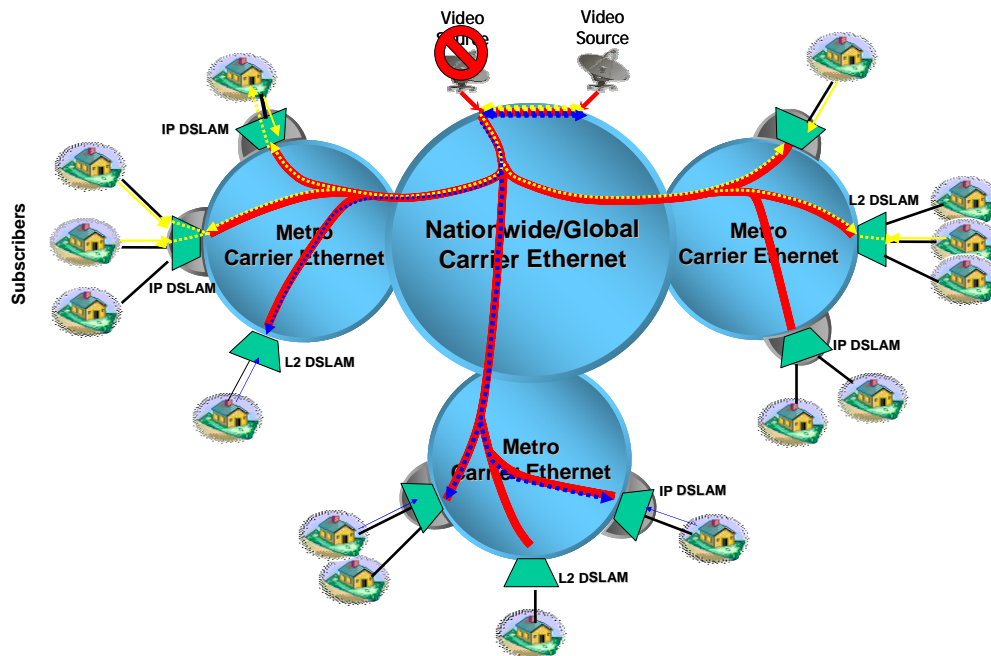
<b>MEF 1</b>	Ethernet Services Model, Phase 1
<b>MEF 2</b>	Requirements and Framework for Ethernet Service Protection in Metro Ethernet Networks
<b>MEF 3</b>	Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks
<b>MEF 4</b>	Metro Ethernet Network Architecture Framework – Part 1: Generic Framework
<b>MEF 5</b>	Traffic Management Specification: Phase 1
<b>MEF 6</b>	Ethernet Services Definitions – Phase 1
<b>MEF 7</b>	EMS-NMS Information Model
<b>MEF 8</b>	Implementation Agreement for the Emulation of PDH Circuits over Metro Ethernet Networks
<b>MEF 9</b>	Abstract Test Suite for Ethernet Services at the UNI
<b>MEF 10</b>	Ethernet Services Attributes Phase 1
<b>MEF 11</b>	User Network Interface (UNI) Requirements and Framework



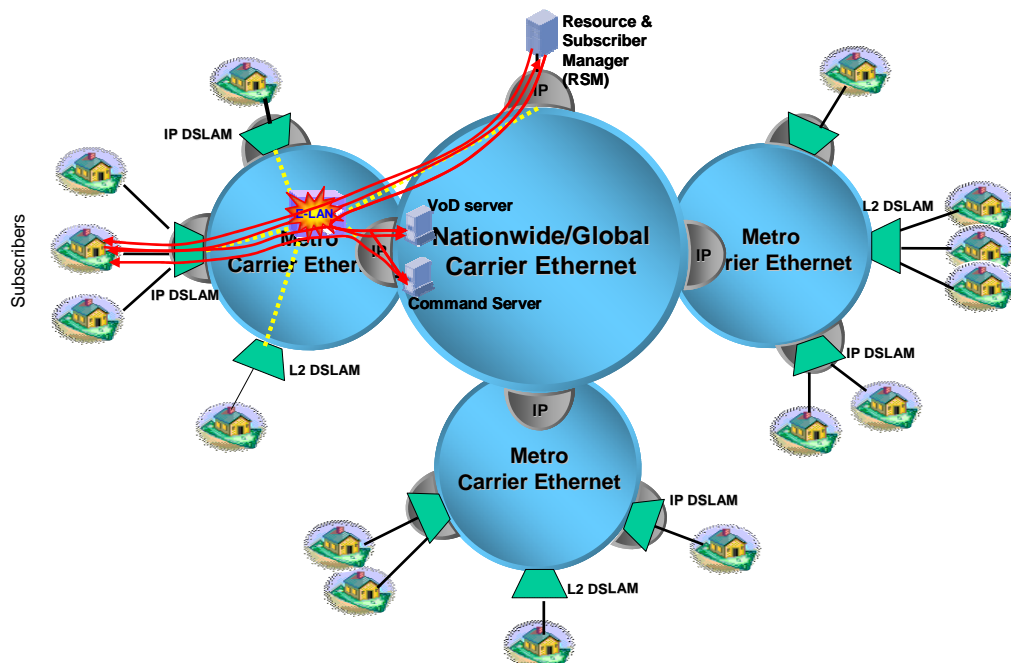
**Kuva 4.14** Carrier Metro Ethernet –pohjainen Open access –verkko kaikenlaisen laajakaistaisen informaation siirtoon<sup>32</sup>

<sup>32</sup> Nan Chen, Bob Metcalfe, Carrier Ethernet – shaping the industry, MEF Presentation 04.03.2003

Kuvissa 4.15-4.17 on esimerkkejä Metro Ethernetin käytöstä TV-palvelujen jakelussa sekä VoD- ja IPTV- sekä VoIP -palveluissa<sup>33</sup>.



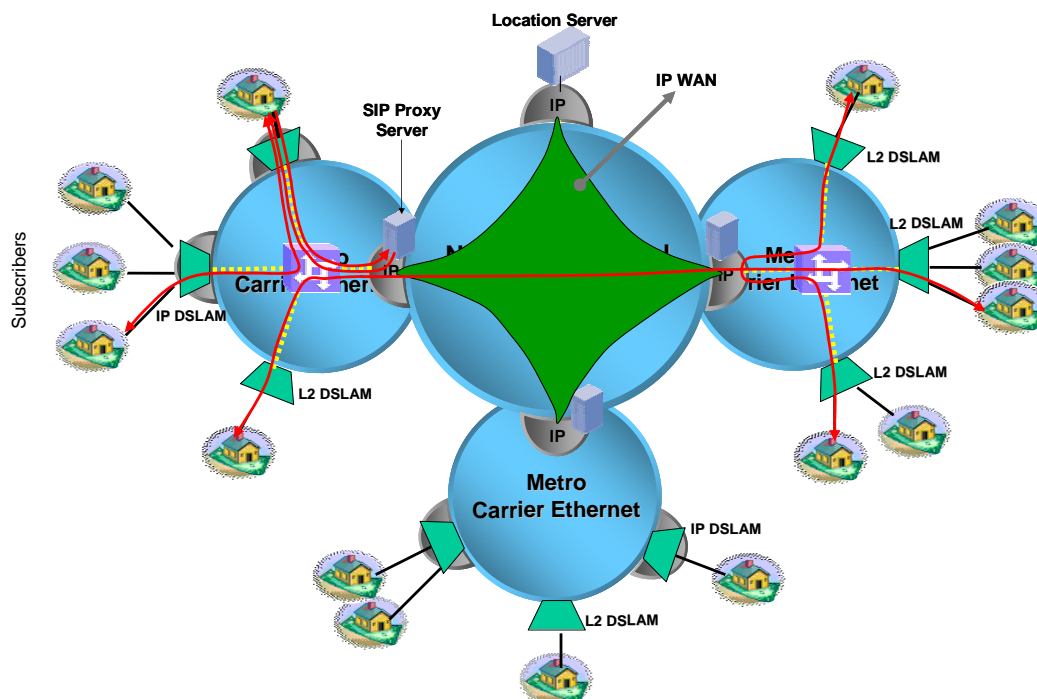
**Kuva 4.15** Metro Ethernet TV-palveluiden jakelussa



**Kuva 4.16** Metro Ethernet VoD- ja IPTV -palveluissa

<sup>33</sup> Ralph Santitoro, Metro Ethernet Services Overview, March 2004





**Kuva 4.17** Metro Ethernet VoIP-palveluissa

#### 4.5.6 Superdemo 2005

MEF järjesti laajimman MEF-teknologioiden yhteensopivuutta testaavan superdemon kesäkuussa -2005 SuperComm 2005 konferenssin yhteydessä Chicagossa<sup>34</sup>. Demonstraatioissa testattiin MEF-määrittelyksiä ja implementaatioita kahdeksan ”triple play” -palvelujen sovellus- tai teknologia-alueen sisällä seuraavasti.

- Guaranteed Rate Internet Access
- Circuit Emulation
- Service Aware Infrastructure
- Connectivity Between Businesses
- IP-TV
- MultiGigabit Internet Access
- Voice over IP
- Broadband Services Convergence

Demonstraatioihin osallistui kaikkiaan noin 30 Metro Ethernet –teknologiaa valmistavaa yritystä.

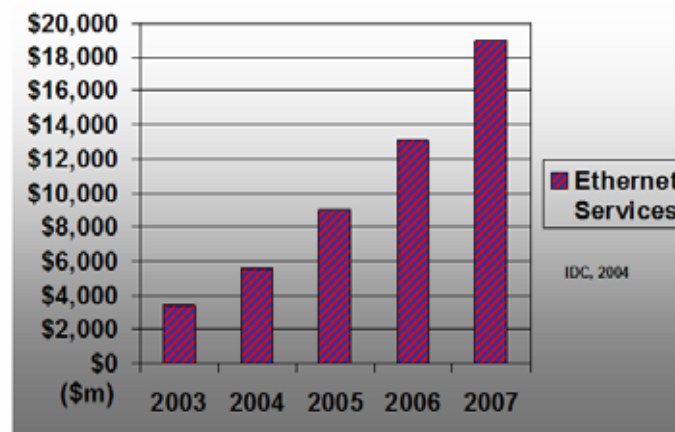
Kunkin kahdeksan teknologia- ja sovellusalueen yhteensopivuutta testattiin yhdentoista teknisen MEF-määrittelyn suhteen (taulukko 4.2).

<sup>34</sup> MEF, Catch the Carrier Ethernet Wave, Chicago, First Demonstrations of Carrier Ethernet Services, Superdemo 2005, June 2005,  
[http://www.metroethernetforum.org/PDFs/WhitePapers/SuperDemo\\_White\\_Paper\\_FINAL.pdf](http://www.metroethernetforum.org/PDFs/WhitePapers/SuperDemo_White_Paper_FINAL.pdf)

Suuri laitevalmistajien määrä ja onnistuneet demonstraatiot ovat osoittaneet että kaupallista multigigabit Ethernet –teknologiaa on saatavilla laajalla rintamalla ja että teknologia on lyömässä nyt itseään läpi paitsi yritysmarkkinassa myös ”triple play” –verkoissa ja palveluissa.

#### 4.5.7 Markkinat

Kuvassa 4.18 on esitetty Metro Ethernet –teknologian markkinakehitys 2003-2007 maailmanlaajuisesti. MEF-organisaation määrittelemät MPLS-kykyiset ”carrier class” –tuotteet tulevat yleistymään Metro Ethernet -verkoissa, joilla verkko-operaattorit pystyvät rakentamaan Open access –kykyisiä skaalautuvia multigigabitisiä triple play –infrastruktuureja.



**Kuva 4.18** Maailmanlaajuisen Ethernet-pohjaisten palvelujen markkinakoko<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Nan Chen, President, the MEF - Bob Metcalfe, Advisory Director, the MEF, Carrier Ethernet – Shaping the Industry, Metro Ethernet Forum –presentation, <http://www.metroethernetforum.org/Presentations.htm>

## 5 OPEN ACCESS –KEHITYS SUOMESSA

Tässä luvussa on esitelty lyhyesti Open access –kehitystä Suomessa ja joitakin Suomessa rakennettuja laajakaistaisia Open access –verkkoja. Open access –verkot voivat olla perinteisten verkko-operaattoreiden maanlaajuisia kuitu- tai muihin laajakaistateknologioihin perustuvia verkkoja tai paikallisten seutu- ja kyläyhteisöjen operaattoreilta vuokrattuihin yhteyksiin perustuvia tai yhteisöjen itsenäisesti rakentamia ja omistamia verkkoja. Kuitu- tai langattomaan tekniikkaan perustuvia paikallisia verkkoja on tällä hetkellä pääasiassa Pohjanmaalla, Pohjoisessa Keski-Suomessa ja Etelä-Karjalassa.

Maakunnallisista laajakaistastrategioista vastaavat lähinnä maakuntien liitot. Suomen laajakaistaisten yhteyksien rakentumista sekä seutukuntien tasavertaista tietoyhteiskuntakehitystä koordinoi yhteistyöelin *Suomen Seutuverkot ry*.

### 5.1 Suomen Seutuverkot ry

Suomen seutuverkot ry on 26.9.2001 perustettu yhdistys, jonka tehtävänä on edistää Suomeen laajakaistaisten yhteyksien rakentumista sekä seutukuntien tasavertaista tietoyhteiskuntakehitystä. Yhdistys pitää yhteyksiä viranomaisiin ja edistää eri alueilla seutuverkkojen kehittymistä. Samoin yhdistyksen tarkoituksena on edistää oman alansa tutkimus- ja kehittämishankkeita yritysten ja tutkimusta harjoittavien koulutus- ja tutkimuslaitosten kanssa. Tärkeänä tehtävänä yhdistyksellä on seurata alan kehitystä sekä järjestää koulutusta ja tiedotusta.

Tällä hetkellä (7/2005) yhdistykseen kuuluu yli 40 jäsentä eri puolelta Suomea<sup>36</sup>.

Seutukuntien verkot on rakennettu pääosin paikallisten kuntien ja TE-keskusten rahoituksella.

### 5.2 Rakennetut verkot

#### 5.2.1 Open access –verkkojen rakenne

Kuvassa 5.1 on yhteenveto yhdistysten ja yhteisöjen runko- ja kyläverkoista tällä hetkellä<sup>37</sup>. Hyvinä esimerkkeinä näistä ja kansainvälistäkin mielenkiintoa saavuttaneista kylä- ja seutuverkoista voidaan mainita Verkko-osuuskunta Kuuskaistan 6net-verkko ja Närpiön alueen Dynamonet.

Open access –verkkojen tavoitteena on ollut rakentaa ne modulaarisiksi siten että niissä olisi selkeät aluetasot ja rajapinnat niiden välillä luvussa 3 esitetyillä periaatteilla.

<sup>36</sup> <http://www.seutuverkot.fi/>

<sup>37</sup> Hannu Pikkarainen, Maakuntien digitaaliset verkkopalvelut, 2005.



ajille ja muille verkkoa käyttäville tahoille. Eri operaattorit ja yhteistyötahot erotetaan toisistaan esim. VLANien (Virtual LAN) avulla.

Kyläliittymät (access-yhteydet) voivat olla FTTH-, xDSL- ja langattomia yhteyksiä sekä perinteisen soittosarjan liittymiä. 6net-verkossa oli kuitua 2004 lopussa 500 km ja tulee olemaan 2005 lopussa 1200 km ja 2006 lopussa 1700 km<sup>2</sup>.

Erilaisia IP-laitteita verkossa on kiinni noin 4000<sup>39</sup>. Samalla tilaajalla voi olla useita, jopa kymmeniä IP-laitteita. Ennusteiden mukaan 2005 lopussa tilaajia olisi yli 1500 ja vuonna 2007 noin 2500.

6net-verkon palveluntarjoajia ja yhteistyökumppaneita ovat kunnat, terveydenhuolto, pelastuslaitos, kirjastot, koulut, seurakunnat, yritykset, kuluttajat ja verkko-osuuskunta Kuuskaista. Uudella nopealla runkoverkolla voidaan saada kuntien kirjava tietoliikenneinfra yhtenäiseksi. Yksittäiset yhteydet hoidetaan maakunnan keskukseen ja edelleen yhteen isompaan runkoon.

Tavoitteena on edelleen hanke seutuverkkojen yhdistämiseksi isommaksi kokonaisuudeksi.

Seutuverkon palveluista voidaan mainita<sup>30</sup>

- data-palvelut (Internet, tunneloidut yhteydet, puhelut, kuva, ...), kahdenneut Internet-yhteydet
- puhe-palvelut (VoIP (H.323 ja SIP), streaming audio)
- liikkuva kuva (digi-TV, VoD, videoneuvottelut)
- palomuuuri (5Gbs läpäisykyky)
- VPN (turvatut yhteydet etätyöntekijöille)
- mobiilipalvelut, iPass (Dial-up, LAN, WLAN, GSM)
- verkkovierailut
- monipuoliset tietoturvapalvelut

### 5.2.3 Dynamonet

Dynamonet muodostuu sekä kiinteistä kuituliittymistä (FTTx) että langattomista WDSL (*Wireless DSL*) –yhteyksistä. Dynamonet noudattaa puhtaasti Open access –periaatetta, missä palvelutuotanto ja verkko on eriytetty toisistaan. Palveluntarjoajat ja yritykset erotetaan toisistaan VLAN-yhteyksillä.

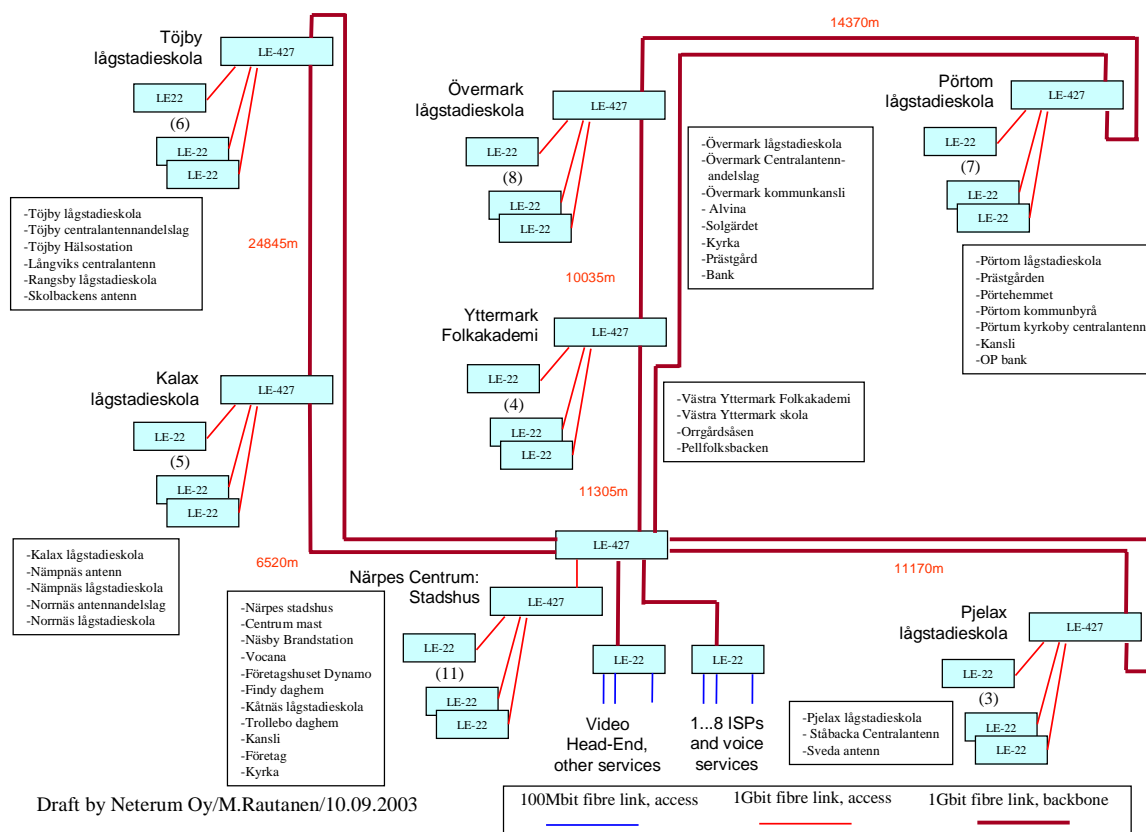
Kuvassa 5.2 on lohkokaaaviotasolla Dynamonetin aktiivilaitteisiin perustuva kuituverkko<sup>40</sup>. Samaa verkkoa käytetään sekä yritys- että kuluttajakäyttöön.

Närpiön alueen kaikki suurimmat kylät ja keskusta on jo kuituverkon piirissä. Kuitua on yhteensä noin 100 km<sup>41</sup>. Liittymiä yhteensä (kuitu, langaton) on tällä hetkellä (7/2005) alle 10 % alueen noin 4000 kotitaloudesta.

<sup>39</sup> Petri Naukkarinen, 6net+ -runkoverkko, esitys 17.5.2005

<sup>40</sup> Ulf Grindgärds, Community Networks Boosting Broadband Access, Telecom Forum, Helsinki University of Technology, 5.10.2004

<sup>41</sup> Andreas Ek, Dynamo Net, Bredbandsnät i Närpes, esitys 13.6.2005



**Kuva 5.2** Dynamonetin runkoverkko (1 Gbit/s), (Lähde: Andreas Ek, Ab Närpes Dynamo Net Närpiö Oy)

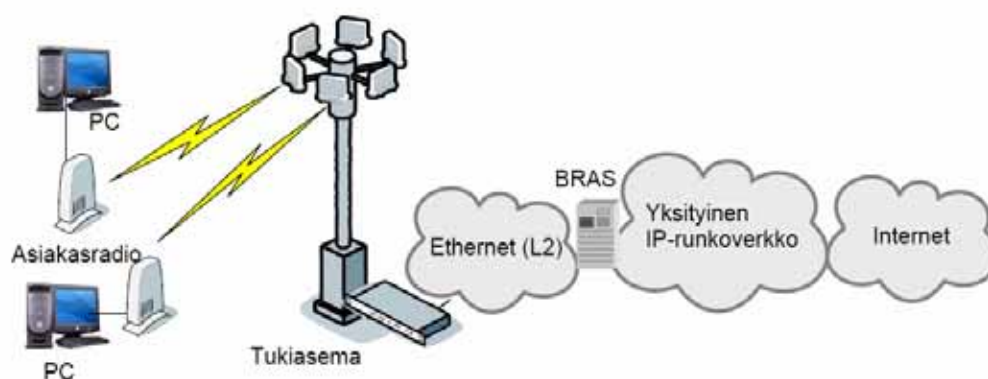
Kuidulla toteutetut tilaajayhteydet voivat olla jopa 100-1000 Mbit/s L2-yhteyksiä. Palvelut voivat olla tyypillisiä ”triple play” – ja muita palveluita. Dynamonet perustuu World Wide Packets:in teknologiaan (ks. myös kuva 3.9).

Dynamonetin palvelut ovat tai tulevat olemaan tyypillisiä yritysten nopeita datayhteyksiä, Internet-palveluja, videokonferenssipalveluja, puhepalveluja (mm. VoIP), IPTV- ja VoD-palveluja sekä TV-broadcast –palveluja.

Dynamonetin langaton laajakaista on toteutettu kuvan 5.3 mukaisella WDSL-tekniikalla. Verkko toimii lisensoidulla 3,5 GHz:n alueella ja se tarjoaa 200-1500 kbit/s:n symmetrisen yhteyden.

#### *TV-ohjelmien siirto paikallisissa Open access -verkoissa*

Suomessa valtakunnallisten TV-ohjelmien lähetykset IP-pohjaisissa verkoissa voi verkon aiheuttaman viiveen/varastoinnin vuoksi olla ongelmallista, koska ohjelmat pitäisi tekijänoikeusjärjestöjen mukaan lähettää ”reaaliajassa”, jotta ei tarvitsisi maksaa tekijänoikeusmaksuja uudelleen.



**Kuva 5.3** Esimerkki langattomasta laajakaistasta<sup>42</sup>

Jos samat ohjelmat haluttaisiin katsoa viivästettynä (esim. VoD), tekijänoikeusjärjestöt katsovat tämän uudeksi liiketoiminnaksi, mistä tulee maksaa uudet tekijänoikeusmaksut. Loppukäyttäjälle kysymys on kuitenkin usein samasta palvelusta mutta paremmalla palvelutasolla. Tämä epäkohta olisi korjattava (ks. kohta 5.3.3).

#### 5.2.4 RaJuPuSu-laajakaista

Langattomista laajakaistaverkoista on mainittava myös RaJuPuSu-laajakaista (Rantasalmi, Juva, Puumala, Sulkava). Verkko on toteutettu vastaavalla lisenssin vaativalla 3,5 GHz:n WDSL-tekniikalla kuin Dynamonetinkin langaton osuus. RaJuPuSu:n verkko tarjoaa 512/512 kbps ja 1 Mbps/512 kbps -tilaajanopeudet.

#### 5.2.5 Digitan 450-laajakaista

Muusta Open access –kehityksestä on mainittava myös tuleva 450 MHz:n alueella toimiva koko maan kattava Digitan langaton laajakaistaverkko, joka tulee tarjoamaan keskimäärin 1-1,5 Mbit/s:n nopeuksia (downlink) ja täyden mobiili-teen. Verkko perustuu Flash-OFDM –tekniikkaan. Toimilupa verkkoon myönnettiin kesäkuussa 2005.

### 5.3 Erilaiset strategiat, pullonkaulat, ongelmat

Suomen laajakaistaverkot eivät yleensä ottaen toteuta Open access –konseptin periaatteita ja vaatimuksia. Perinteisten operaattoreiden maan kattavat verkot sisältävät sekä uutta että vanhaa tekniikkaa, missä ei ole mahdollista aina toteuttaa yhtenäisiä ratkaisuja. Tämän lisäksi sama operaattori voi toimia sekä verkko- että palveluoperaattorina, mikä voi vääristää tai minkä koetaan vääristävän kilpailua.

Suurimmat ongelmat eivät ole kuitenkaan teknisiä. Rakennetusta maan kattavasta televerkostosta ja sen osista, missä kuitu esimerkiksi ulottuu jo lähelle tilaajia,

<sup>42</sup> Langattomat laajakaistaratkaisut, työryhmäraportti 8/2005, Viestintävirasto

jopa tilaajalle saakka, voidaan kohtuullisin investoinnein rakentaa korkeatasoisia Open access –verkkoja ja yhdistää niitä laajemmiksi kokonaisuuksiksi.

Suurimmat ongelmat liittyvät

- palveluihin ja markkinan kehittymiseen
- lainsäädäntöön ja kilpailuun
- tekijänoikeuksiin
- TV-maksuun, sekä
- operaattoreiden väliseen yhteistoimintaan (verkko-operaattorien välinen, verkko- ja broadcast-operaattorien välinen)

### 5.3.1 *Open access –palvelut ja markkinat*

Open access –strategia edellyttää tarpeeksi suurta markkinaa, jotta palveluntarjoajat (SP) olisivat kiinnostuneita rakentamaan ja tarjoamaan palveluita (”triple play”). Pienemmässä markkinassa puolestaan verkon ja palveluiden tarjonta saman toimijan taholta on taloudellisessa mielessä ymmärrettävää. Pieni markkina voi muodostaa pullonkaulan laadukkaille ja monipuolisille palveluille. Mikä on sitten tarpeeksi iso markkina? Tämä tulisi selvittää erikseen. Täysimittaisen ISP:n kalustaminen palveluineen ja laskutus- ym. järjestelmineen edellyttää omia investointeja.

### 5.3.2 *Lainsäädäntö*

Lainsäädännössä on pulmallisia kysymyksiä Open access –konseptin kehityksen kannalta. Nämä liittyvät Open access –konseptin lähtökohtaan, jos Open access –verkon tulisi toimia voittoa tuottamattomalta pohjalta (tai edes lähes). Perinteiset verkko-operaattorit eivät ole valmiita toimimaan Open access –vaatimusten mukaisesti. Nykyisiin verkkoihin on kokonaisuudessaan sitoutunut valtavat pääomat vuosikymmenten aikana, mikä on omiaan jarruttamaan nopeita ja uusia innovatiivisia verkkoratkaisuja (kuten IP-pohjaiset ”triple play” –verkot).

Lainsäädännössä tulisi jättää tilaa uusille innovatiivisille ratkaisuille ja palveluntuotannolle ja tukea niiden kehitystä varsinkin alkuvaiheessa. Tämä saattaa edellyttää nykyistä tehokkaampaa lainsäädännöllistä puuttumista verkkopalvelujen ja yhteyksien (tilaajayhteydet, verkkoyhteydet) vuokrausperiaatteisiin ja yhdysliikennetarpeiden toteutumiseen.

Ministeriössä on selvitettävänä erilaisia Open access –verkkoihin sovellettavia periaatteita. Voitaaisiinko esimerkiksi julkisin varoin tuetut verkkopalvelut (vaikka paikallisesti) säätää voittoa tuottamattomiksi. Tai jos kaupallisiin verkkopalveluihin myönnetään julkista tukea, miten tämän tulee näkyä hinnoittelussa (palveluntarjoajille, tilaajille).

### 5.3.3 *Tekijänoikeudet*

Tekijänoikeuskysymys voi aiheuttaa ongelmia Open access –kehitykselle ja muullekin tietoverkkojen käytölle. Tämä näkyy erityisesti valtakunnallisten TV-



ohjelmien paikallisessa jakelussa, missä on sisällä tekijänoikeuksien alaista sisältöä (esim. musiikkia). Kysymys pelkistyy ohjelmien reaaliaikaisuuteen ja sen pohjalta tehtyyn tulkintaan tekijänoikeusmaksuista<sup>43</sup>. Kuinka suuri saa verkon aiheuttama viive tai varastoinnin osuus esimerkiksi enintään olla, jotta sitä ei katsottaisi uudeksi kanavaksi tai edelleenlähetykseksi ja siten ei aiheuttaisi tekijänoikeusmaksujen uutta perintää.

Tekijänoikeusmaksujen kannalta TV-ohjelmien siirrossa joskus esitetty ”reaaliaikaisuusvaatimus” tuntuu keinotekoiselta. Esimerkiksi IP-verkoissa syntyy verkon tekniikasta johtuen pieni viive, jonka ei tulisi olla esteenä palvelujen tarjoamiselle ilman tekijänoikeusmaksuja vastaavalla periaatteella kuin kaapeli-TV verkoissakin on. Samanlainen viive syntyy myös satelliittiyhteyksillä, mutta sitä ei ole kuitenkaan katsottu ongelmaksi. Jos signaali lähtee yhtä aikaa erilaisella teknologialla toteutettuihin kanaviin, viiveellä ei pitäisi olla mitään tekemistä tekijänoikeuksien kannalta.

Ja vaikka kyseessä olisi jopa ohjelmien varastointi edelleen jakelua varten, tulisi tätä kysymystä voida tarkastella saman palvelun ja liiketoiminnan sisällä myös palvelutasokysymyksenä mikäli kysymyksessä ei todella olisi täysin eri liiketoiminta uusine arvoketjuineen ja asiakkaineen. Palvelutason ei pitäisi olla peruste tekijänoikeusmaksuihin. Myös vastuukysymykset voivat olla uutta liiketoimintaa jakava periaate.

Mutta mikäli kyseessä on kuitenkin täysin uusi ja uuteen arvoketjuun perustuva liiketoiminta, jonka palveluntarjoaja suunnittelee uusine jakeluteknologioineen ja päätelaitteineen ja jolle palvelulle löytyy maksava asiakas, on luonnollisesti perusteltua että säveltäjät ja muut tekijänoikeuksien haltijat saavat liiketoiminnasta oman osuutensa (vrt. esim. mobiili digi-TV). Kysymys pelkistyykin siihen, milloin on kysymys uudesta liiketoiminnasta ja milloin ei.

Tekijänoikeusmaksuja peritään oudolla periaatteella. Onko syytä säilyttää enää järjestelmää missä palveluntarjoajien tulee suorittaa tekijänoikeuksia moneen kertaan aina kun otetaan uusi jakelukanava käyttöön. Jakelukanava ei vielä tee uutta liiketoimintaa. Tuntuu nurinkuriselta että viiden miljoonan asukkaan maassa on 25 miljoonaa radiokuuntelijaa.

Yllä mainittuihin kysymyksiin tulisi löytää muita joustavampia ja mahdollisesti edullisempia malleja, koska ne muuten hidastavat siirtymistä tietoyhteiskuntaan uusilla tekniikoilla (Open access, ”triple play”).

### 5.3.4 Nopeusmuunnokset ja TV-lupamaksu

TV-ohjelmia voitaisiin siirtää erilaisella palvelutasolla (vaikkakin ”reaaliaikaisesti”) myös Internetissä (esimerkiksi 512 tai 1 Mbit/s siirtonopeudella, *transcoding*). Kysymykseksi on noussut kuitenkin YLE:n perimä TV-lupamaksu. Pitäkö tilaajan maksaa TV-maksu, jos hän luopuu TV-vastaanottimesta ja katsoo valtakunnalliset TV-ohjelmat heikommalla laadulla esimerkiksi DSL-yhteydellä

<sup>43</sup> Keskustelut Chief Specialist Esko Junnilan (Digita) kanssa 3.8.2005.

Internetistä. Ei tunnu perustellulta, että tilaaja välttyisi TV-maksulta, jos samat TV-ohjelmat katsottaisiin Internetistä (tai ”triple play”-kanavasta).

Tähän liittyy myös lähettäjän signaalisuoja. Pitääkö varastoidun ohjelman lähettäjällä olla lupa toimintaan. Vastuukysymykset on kuitenkin aina selvitettävä.

Voitaisiin harkita sellaista mallia, että tilaajan on suoritettava TV-maksu (mutta vain yksi maksu), riippumatta siitä mitä kautta hän valtakunnallisia TV-ohjelmia voi katsoa. Tämä on tilaajan valinta. Jos DSL-yhteyden laatu (esim. nopeusmuunnoksista johtuen) ei riitä, tilaaja voi hankkia TV-vastaanottimen.

Tämä kysymys on ratkaistava ja samalla malli, miten YLE saa TV-maksunsa. Malleja on ainakin kaksi; a) tilaaja maksaa maksun suoraan YLE:lle, tai b) tilaaja maksaa TV-maksun palveluntarjoajalle, joka tulouttaa sen YLE:lle (vrt. DVB-H malli). Jälkimmäinen tuntuu suoraviivaisemmalta, jos samaan laskuun on niputettu muutkin palvelut maksuineen.

TV-maksun kerääminen yleisen Internetin käyttäjiltä ei ole helppo kysymys. Tätä pitäisikin selvittää erikseen omassa toimeksiannossaan. Esimerkiksi Internetin äärellä on satoja tuhansia ulkosuomalaisia. Miten heiltä kerätään TV-maksut.

”Triple play” –palvelut ja digitaalinen konvergenssi yleisemminkin on vääjäämätön kehityssuunta. IP-protokollia on kehitetty hyvin tuloksin, jotta siirtotekniikka ei asettaisi palvelutasollisia pullonkauloja niin reaaliaikaisen äänen kuin kuvankaan siirrolle (IPTV, VoD, digi-TV).

Saavutetuille teknisille ratkaisuille ja tulevalle ”triple play” –kehitykselle ei ole mitään syytä säilyttää ylimääräisiä keinotekoisia esteitä.

### *”Viestin”-palvelu*

Digitaalinen konvergenssi on jo johtanut siihen, että voitaisiin selvittää vieläkin radikaalimpia ratkaisuja. Yksi tällainen olisi kaikki perus ”triple play” -palvelut sisältävä markkinaehtoisesti kehittynyt mutta yhtenäisesti määritelty yleinen ”Viestin”-palvelu (työnimi). Palvelun maksut pitäisivät sisällään TV-lupamaksun (riippumatta jakelukanavasta), puheen (lanka, VoIP), äänen (radio) ja Internet-laajakaistan peruskäytön. Oma kysymyksensä on sitten miten palveluntarjoajat ja operaattorit sekä tekijänoikeuksien haltijat saisivat oman osuutensa. Lisäpalvelut tarjottaisiin omina bisneksinään eri maksua vastaan.

Yhtenäinen Web-pohjainen ”Viestin” -kanava ja käyttöliittymä (eri palvelut saman tai eri pääteen kautta tilanteen mukaan) edistäisi nopeiden ”triple play” –verkkojen ja Open access –konseptien kehittymistä sekä yksinkertaistaisi palveluiden käyttöä. Tällainen ”yhden töpselin” konsepti edistäisi ja nopeuttaisi myös tietoyhteiskunnan yleistymistä. ”Viestin”-palvelun maksut voitaisiin periä erilaisilla periaatteilla joko keskitetysti tai eri palveluntarjoajien kautta paikallisesti. Tilaajan tunnistus ja palvelujen maksaminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi älykorttipohjaisesti (iso kortti, kännykkä).

## 6 OPEN ACCESS -SUOSITUKSET

### 6.1 Open access -konsepti

Useissa maissa, kuten Suomessa, verkkoliiketoiminta ja palveluliiketoiminta on erotettu lainsäädännöllisesti toisistaan. Päämotivaatio on kilpailun lisääminen verkko-operaattoreiden (NO) ja varsinkin palveluntarjoajien (SP) kesken, mikä takaa käyttäjille enemmän vaihtoehtoja ja markkinaehtoisien palvelujen hintakilpailun ja sitä kautta edullisemmat ja laadukkaammat palvelut. Tällä estetään myös palvelumonopoli verkko-operaattoreilta, jotka ovat rakentaneet ja omistavat paikalliset johdot ja kuidut.

Konseptia, missä käyttäjät ovat vapaat valitsemaan mitä palveluja he tarvitsevat ja voivat siten vapaasti valita palveluntarjoajan (SP) sekä missä palveluntarjoajat voivat liittyä verkkoon tasapuolisin ehdoin ja voivat itsenäisesti tavoitella omia tilaajia toisistaan riippumattomasti ja markkinaehtoisesti kilpailemalla, kutsutaan *Open access* –konseptiksi.

Esimerkkinä tapauksesta mikä ei toteuta Open access –periaatteita, voidaan mainita kiinteistöliittymä (taloyhtiöliittymä), missä tilaaja ei voi liittää liittymään omaa palvelinta, johon olisi pääsy palveluntarjoajan verkon kautta.

### 6.2 Yleiset johtopäätökset

1. Open access –konseptin kestävyys ja taloudellinen kannattavuus laajakais-tapalvelujen (mm. ”triple-play”) liitännäiskonseptina (access), missä kustannukset voidaan jakaa useiden palveluntarjoajien kesken, tulisi selvittää erillisellä tutkimuksella. Open access lisää kilpailua palveluntarjoajien kesken ja antaa loppukäyttäjille enemmän ja tasapuolisemmin mahdollisuuksia valita tarjotuista palveluista, palvelujen laadusta ja hinnoittelusta.
2. Optisiin kuituihin perustuva Open access soveltuu hyvin seudulliseksi verkkoratkaisuksi, varsinkin jos kunnat itse eivät toimi palveluntarjoajina. Tällaisten seudullisten Open access -operaattoreiden on kuitenkin pystyttävä lakien ja asetusten mukaisesti takaamaan verkon toiminta eri olosuhteissa. Mikäli kunnat tai kuntayhtymät ryhtyvät operoimaan verkkoja, tulee niistä teletoiminnan harjoittamisen kautta viestintämarkkinalain alaisia teleoperaattoreita oikeuksineen ja velvoitteineen.
3. Open access sopii erittäin hyvin tulevien verkkojen konseptiratkaisuksi, jos palvelumarkkina on tarpeeksi suuri.

### 6.3 Verkko

1. Open access –verkko tulisi rakentaa siirtoyhteystason (taso 2) ratkaisuna siten, että palveluntarjoajan verkon ja verkko-operaattorin verkon välillä ja eri palveluntarjoajien verkkojen välillä ei samassa siirtoverkossa ole tason 3 (IP) toimintoja.

**Huom.**

LVM:n teettämän selvityksen ”Valokaapeli kotiin” mukaan<sup>44</sup> Suomessa vallitsevaksi käytännöksi on muodostunut taso 0 (omat kuidut yhteiseen ojaan tai kaapelikouruun). Tason 0 mukaista käytäntöä on ko. selvityksen mukaan preferoitu ”käytännön yhteistyömallina” mm. Varsinais-Suomen laajakaistastrategiassa.

Tämä on outo tilanne ja indikoi sitä, että Suomessa Open access –strategia ei kunnolla toimi. Open access –verkot halutaan perustaa mieluummin omiin kuituihin kuin käyttää jo rakennettua kapasiteettia, syystä tai toisesta.

Open access –verkon tulee olla avoin ja tarjota mahdollisuus erilaisiin laajakaistan liitännönopeuksiin ja -teknologioihin (FTTx, xDSL, kaapeli, langaton).

Tässä selvityksessä Open access –kuituverkkoon suositellaan EPON- tai tilanteesta riippuen aktiivikomponenttista ratkaisua, koska ne ovat yksinkertaisia ja edullisia ja koska niillä on kestävä kehityspolku. Arkkitehtuuriksi suositellaan silmukoitua (kylä-, kunta- ja/tai maakuntaverkko) ja täyden MPLS-tuen tarjoavaa Metro Ethernet -arkkitehtuuria.

Erilliset Open access –verkot liitetään toisiin nykyisillä digitaalisilla runkoyhteyksillä tasolla 1 (esim. SDH STM-1 (155 Mbit/s), STM-4 (622 Mbit/s), STM-16 (2,5 Gbit/s)) tai esim. 1 GigE Ethernet-palvelulla (E-WAN) tasolla 2.

2. Palveluntarjoajien tulisi pystyä itsenäisesti ja riippumattomasti jakamaan asiakkailleen IP-osoitteet dynaamisesti. Tämä vaatimus pätee Internetin liitännäpalveluiden lisäksi myös muihin sovelluksiin kuten VoIP- ja videopalveluihin (VoD, IPTV, TV-jakelu). Siirtopalvelun tarjoajan ei tule jakaa IP-osoitteita loppuasiakkaille, jos se itse ei toimi palveluntarjoajana.
3. Verkko-operaattorin ja eri palveluntarjoajien sisäisiä verkkoja tulee hallita (operoida) toisistaan riippumattomasti ja turvallisesti ja erottaa hallintajärjestelmät kokonaan toisistaan.

Yritysten ja palveluntarjoajien verkot erotetaan toisistaan tyypillisesti IEEE 802.1q-standardin mukaisilla VLAN-yhteyksillä.

4. Palveluntarjoajien AAA-toiminnot (*Authentication, Authorization, Accounting*) tulee olla täysin erillään verkko-operaattorin ja muiden palveluntarjoajien vastaavista AAA-toiminnoista.
5. Palvelutasoon ja tietoturvaan liittyvät vastuut tulee määritellä siirtopalvelun ja palveluntarjoajan välisessä rajapinnassa SLA-sopimuksessa (*Service Level Agreement*). Sekä verkko-operaattorin että palveluntarjoajan tulee suojata itsensä ja asiakkaansa tietomurtoja ja turvahyökkäyksiä vastaan.

<sup>44</sup> Valokaapeli kotiin, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu, 33/2005.

6. Tässä selvityksessä suositellaan, että kuitua vedetään etupainotteisesti mahdollisimman lähelle tilaajia (FTTx) kaikkialle sinne, missä se keskipitkällä tähtäimellä (3-5 vuotta) nähdään taloudellisesti kannattavaksi vaihtoehdoksi jo nykyisten palvelujen tarjoamisessa. Tämä edistää laajakaistaisten liitännäverkkojen toteutumista ja rohkaisee uusien ”triple play” –palvelujen ja konseptien (Open access) kehittymistä. Kuitu on kestävä ja ainoa nähtävissä oleva liitännäratkaisu saada vähintään 50 Mbit/s kapasiteetti per tilaaja muutamana vuoden tähtäimellä. Tämä ei sulje pois sitä että tilaajayhteyden loppupää toteutetaan langattomalla yhteydellä (esim. WiMAX) (harvaan asutut seudut, mobiliteetti) tai xDSL-tekniikalla (sisäjohto).

## 6.4 Palveluntarjonta

1. Open access –verkoissa tulee sallia Internet-, VoD/IPTV-, TV-jakelu- ja VoIP-palvelujen tarjonta tasapuolisesti kohdassa 6.3 esitetyillä periaatteilla ja teknisesti asianmukaisimmalla tavalla sekä taloudellisesti tasapuolisin ehdoin. Palveluntarjoajana tulee voida olla mikä tahansa vaaditut edellytykset ja vaatimukset täyttävä taho (yksittäinen tilaaja, erillinen ISP, teleoperaattorin ISP).

Tasapuolisuusvaatimukset koskevat lisäksi markkinointia (myös Open access -operaattorin verkossa ja kanavissa), hinnoitteluperiaatteita ja tariffeja (myös unbundling-tapaukset), sisältöjä (mm. avaavaa kotisivua), informaation keräämistä ja saamista (mm. privacy-tarpeet) ja palveluntarjoajan tarvetta kehittää vapaasti omaa palveluaan ja sen toimintoja.

## 6.5 Avoimia kysymyksiä

1. Iso kysymys on luonnollisesti se, että miten koko laajakaistapalvelujen kysyntä tulee kehittymään ja mikä on kehitystä johtava toimintamalli. Kun tämä tiedettäisiin, olisi myös Open access –strategiat helpompi ratkaista. Mikä tulee olemaan esimerkiksi ”triple play” –konseptin todellinen rooli ja tarpeet ja milloin kuluttajtilaaja tarvitsee vähintään sen 50 Mbit/s -nopeuksisen yhteyden mitä on ennakoitu.
2. Mikä tulisi laajakaistapalvelujen kehittämisen toimintamallin olla. Tulisiko sen olla teollisuustyönteistä kuten mobiilibisneksessäkin aikoinaan oli (vrt. Nokia) vai tulisiko sen olla johdettu yhteiskunnallisista tarpeista nykyiseen malliin ja olla tietoyhteiskuntavetoista.

Vai onko nähtävissä niin, että nykyinen mobiilikehitys on laajempi henkilökohtaista viestintää muovannut ilmiö, jonka seuraava iso vaihe on laajakaistaisuus.

Kiinteät puhelinliittymät ovat poistumassa nopeaan tahtiin mobiililiittymien tieltä. Toistuuko tämä trendi edes osittain henkilökohtaisessa laajakaistai-

sessä viestinnässä (mm. ”triple play”), vai onko laajakaistaa ajavat voimat pikemminkin rationalisointiin tähtääviä ja tuottavuuden ja tasa-arvon kasvua tavoittelevia, missä kaikki yhteiskunnan palvelut siirtyvät ennen pitkää verkkoon.

3. Suuria ratkaisemattomia ongelmia ovat myös DRM (*Digital Rights Management*) –kysymykset. Laajakaistapalveluissa video- ja musiikkisisältöjen osuus on keskeinen, joten DRM-ongelmat on ratkaistava.

## 6.6 Rahoitus

1. Syrjäseutujen laajakaistaverkkojen kehittymistä tulee edistää paitsi teknisin suosituksin myös tukemalla Open access –verkkojen rakentamista julkisin varoin siellä missä markkina ei muutoin toimi. Sisäasianministeriö on antanut tästä jo ohjeet<sup>45</sup>.

## 6.7 Kansallinen laajakaistastrategia

1. Kansallinen laajakaistastrategia sisältää toimenpiteitä ja selvitysehdotuksia myös Open access –verkkojen toteutumisen nopeuttamiseksi.

---

<sup>45</sup> Sisäasiainministeriö: Laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteet, muistio 6.5.2004.

## 7 VIRANOMAISSOHJEISTUKSEN TARVE

Open access –kehitys tuo mukanaan uusia toimintamalleja, uuden tyyppistä verkkojen kehittämistä ja rakentamista sekä lisää palveluntarjontaa ja kilpailua. Open access kiihdyttää myös ns. ”triple play” –kehitystä ja tuo verkkoihin uusia ja eri tahoilla säänneltyjä palveluja. Open access siten myös saattaa edellyttää uutta viranomaisohjeistusta.

- Yleiset Open access –vaatimukset ja ehdot (tekniset, kaupalliset, vastuukysymykset) tulisi olla määritelty säädöksissä ja niitä valvoa jo olevan mekanismin kautta. Open access –operaattorien ei itse tulisi asettaa erityisvaatimuksia palveluntarjoajille tai tilaajille.
- Open access –verkkojen toteuttamisesta ja toimintamallista on tullut tarpeelliseksi antaa yleiset ohjeistukset edellä annettujen suositusten (luku 6) ja edellä kuvattujen standardien ja teknologioiden sekä rajapinta- ja liitäntävaatimusten mukaisesti esitetyn arkkitehtuurikuvauksen pohjalta (luvut 2 ja 3). Tämä koskee paitsi verkko-operaattorien ja palveluntarjoajien välisiä ja keskinäisiä myös verkko- ja broadcast-operaattoreiden välisiä liitäntöjä ja käytäntöjä.
- Open access –malli on vaihtoehtoinen verkkomalli, missä käyttäjät ja palveluntarjoajat voivat liittyä verkkoon ja saada tasapuolista palvelua samoilla ehdoilla. Open access –verkkoja tulee voida rakentaa ja hyödyntää kaikkien osapuolten, niin perinteisten kuin uusienkin (mm. seudullisten) operaattoreiden toimesta, niillä periaatteilla millä paikallinen Open access –tarjonta toimii. Mikäli Open access –verkko on rakennettu täysin yksityisellä rahoituksella, tämä näkyy myös hinnoittelussa. Mikäli Open access –verkkoon on käytetty julkista rahoitusta, sitä suuremmalla syyllä se pitää saada laajempaan käyttöön.
- Open access –hinnoittelulle tulisi laatia pelisäännöt ja tariffeille hintasuositus. Tämä koskee paitsi Open access –verkkojen ja palveluntarjoajien välistä hinnoittelua myös Open access –verkkojen ja muiden verkkojen välistä yhdysliikennettä.
- Kuituyhteyksien rakentamisesta ja johdotuksista tulisi laatia yhtenäiset ohjeet.
- Viranomaisvaatimuksia tulisi tarkistaa myös valtakunnallisen TV-tarjonnan osalta (tekijänoikeudet ja TV-maksu) kohtien 5.3.3 ja 5.3.4 pohjalta.
- Open access –verkkojen rahoitukseen liittyen tulisi täsmentää eri rahoitusmallien käyttöä ja antaa tästä suosituksia. Perusmallina voi toimia sisäasiainministeriön laatima ohje laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteista<sup>46</sup>

<sup>46</sup> Sisäasiainministeriö: Laajakaistainvestointien rahoitusperiaatteet, muistio 6.5.2004.

## 8 YHTEENVETO

Open access on perinteisten verkko- ja palveluoperaattoreiden tarjoamiin toimintamalleihin verrattuna uusi vaihtoehtoinen malli, missä korostetaan voimakkaammin paikallista valinnan vapautta ja tasapuolisuutta sekä palveluntarjoajan että käyttäjän näkökulmasta katsottuna. Open access –operaattorit eivät yleensä itse tarjoa palveluja vaan rakentavat verkon ja vastaavat pelkästään siitä.

Perinteiset operaattorit ovat tuoneet omiin verkkoihinsa uusia palveluja ja toimintoja entisten rinnalle ja jopa päälle, tavoitteena saada pitkäaikaisille investoinneilleen uusia tulonlähteitä. Operaattorit ovat kuitenkin vanhan teknologian sa vankeja, mistä on seurauksena rajoitteita ja hidasteita palvelukehityksessä (nopeudet, toiminnallisuudet, sopimukset) ja puutteita tarjonnan alueellisessa laajuudessa.

Open access –operaattorit, jotka ovat useimmiten kunnallisia tai seudullisia operoijia, puolestaan rakentavat verkkoinfransa kokonaan uudelleen alusta saakka kevyin ratkaisuin tavoitteena nopeampia liitännäpalveluja (kuitu, lanka- tai langaton laajakaista) ja runsaampi palvelutarjonta (Internet, VoIP, VoD, IPTV, TV-ohjelmien siirto) samasta ”töpselistä”.

Laajakaistaisten Open access –verkkojen rakentaminen on kokonaisuuden kannalta myönteistä kehitystä, riippumatta siitä miten investoinnit rahoitetaan. Investoinneille löytyy kuitenkin aina maksaja. Open access –verkkoja voidaan verrata muuhun kunnalliseen infrastruktuuriin (maantiet, vesijohdot, sähköverkot), mikä toimii paikallisen asuttamisen ja talouskasvun edellytyksenä ja veturina.

Kunnan rakentamat verkot eivät käyttäjän toimiessa myös palveluntarjoajana ole erityisasemassa teleoperaattoreiden verkkoihin verrattuna. Käyttäjät voivat toimia niin halutessaan, ja jos osaamista riittää, esimerkiksi palveluntarjoajien alihankkijoina olkoon kysymys kuntien tai teleoperaattoreiden verkoista.

Open access –verkkoja rakennetaan pääsääntöisesti sinne, missä perinteiset operaattorit eivät ole halukkaita uuteen verkkoinfraan investoimaan vanhalla eikä uudella Open access -tekniikallakaan. Käyttäjien ja palveluntarjoajien tuoma kilpailu koituu ennen pitkää kaikkien osapuolten eduksi, myös perinteisten teleoperaattoreiden, koska eriytetyt verkko- ja palvelutarjonnat ovat täysin erilaista liiketoimintaa ja kukin osapuoli voi keskittyä sille parhaaseen osaamiseen.

Uusien tulijoiden Open access –kehitys, alueellinen tai valtakunnallinen, voi lyhyellä tähtäimellä vaikuttaa perinteisten operaattoreiden liiketoimintaan. Perinteisten operaattoreiden tulisi kuitenkin nähdä Open access –kehitys itselleen mahdollisuutena eikä uhkana ja hyödyntää sekä palveluntarjoajana että nopeampien liitännäverkkojen yhteiskäytössä uusien Open access –verkkojen tarjoama potentiaali. Perinteisten operaattoreiden tulisi siten entistä selvemmin erottaa palvelujen tarjonta verkkotoiminnasta ja rationalisoida verkkotoimintaansa tuomalla nykyiset verkot sekä oma Open access –tarjonta horisontaalisesti erilaisin



yhdysliikennesopimuksin mukaan muiden Open access –verkkojen kanssa rakentuvaan yhteistoimintaan. Operaattoreiden palvelutarjonta (SP) saa Open access –asiakkaista uusia tilaajia alueilta mihin ne itse eivät muuten pääse, mikä sekä hyödyntää perinteisten operaattoreiden liiketoimintaa.

Julkista rahoitusta saaneiden laajakaistaverkkojen käytölle on olemassa vaatimukset ja ehdot. Tätä pitää tarkentaa ja täydentää Open access –verkkojen osalta. Vaatimukset koskevat sekä Open access –verkkojen tarjontaa kaikille osapuolille (myös teleoperaattoreille) että verkkojen väliselle yhdysliikenteelle (tekniset, tariffit), jotta Open access –verkkojen välinen sekä Open access –verkkojen ja muiden verkkojen välinen synergia toimisi mahdollisimman taloudellisesti ja tehokkaasti.

Optimaalisin rajapinta verkkojen välisten ja verkon ja palvelujen sekä verkon ja käyttäjien välillä on tason 2 (L2) rajapinta, koska siinä palveluntarjoajat ovat täysin toisistaan riippumattomia ja voivat itse etsiä omat asiakkaansa ja tarjota heille muun muassa IP-osoitteet, vastata tunnistamisesta, palveluluokista (CoS) ja –tasosta (QoS) sekä muista hallinnollisista ratkaisuista ja tietoturvasta.

Tässä selvityksessä suositellaan läpi koko verkon kyliltä, kuntiin ja kansallisilla yhteyksillä ja edelleen kansainväliselle tasolle kuituyhteyksiin perustuvia nopeita Ethernet-ratkaisuja, mitkä perustuvat kansainvälisiin standardeihin ja teknii-koihin (Metro Ethernet, Ethernet To First Mile, EPON tai aktiivikomponenttinen kuituverkko, IP/MPLS sekä 1 GigE:n ja 10 GigE:n kuituverkot). Tilaajat voidaan liittää Open access –verkkoon monilla laajakaistaisilla ratkaisuilla (kuitu, kupari, kaapeli, langaton) tilanteesta riippuen.

Open access –verkkojen sekä niiden varaan rakennettujen ”triple play” –palvelujen kehitys on myönteinen suunta ja sitä tulee kannustaa ja poistaa kehityksen tieltä esteet. Palvelutarjonnan ja käyttäjäehtojen tulee olla kuitenkin samat riippumatta siitä onko kyseessä Open access –verkot (kuntien, operaattoreiden tai muiden rakentamat) tai teleoperaattoreiden perinteiset verkkomallit. Open access on vaihtoehtoinen ja vapaaehtoinen kehitysmalli.

Open access –tarjonnasta on jo hyviä kokemuksia Suomessa. Esimerkiksi Pohjanmaalla kunnat ja kuntayhtymät ovat rakentaneet kuituihin perustuvia nopeita yhteyksiä asukkailleen ja yrityksilleen, millä on suurta merkitystä koko kunnan kehitykselle. Ilman näitä Open access –investointeja kyseiset alueet olisivat jääneet kokonaan vaille nopeita yhteyksiä. Samalla nämä kunnat ovat edellä kävijöitä ”triple play” –palvelujen tarjonnassa.

Joskus on esitetty käsityksiä, että koska kuntien rakentamat verkot on rakennettu Open access –periaatteella, kuntien verkoissa jokainen palvelun käyttäjä voisi siten samalla toimia myös palvelun tuottajana ja että koska operaattoreiden verkot eivät ole Open access –verkkoja, käyttäjä ei niissä voisi siten toimia palveluntarjoajana. Tästä käsityksestä on sitten jopa tehty johtopäätöksiä, että kuntien pitää rakentaa itse verkkonsa. Tämä käsitys on harhaanjohtava ja virheellinen.

Toinen rohkaiseva Open access -esimerkki on 450 MHz:n taajuuksille myönnetty Digitan Flash-OFDM –toimilupa langattomaan laajakaistaan. Digitan mallilla on mahdollista saada useita valtakunnallisia ja paikallisia sekä myös erilaisiin käyttäjäryhmiin keskittyviä palveluntarjoajia samaan laajakaistaverkkoon.

## Sanasto ja käsitteet

3G	Third Generation (mobile)	
802.1p/Q	IEEE 802-verkkojen QoS-standardit	
AAA	Authentication, Authorization, Accounting	
APON	ATM PON	
ASIC	Application-Specific Integrated Circuit	
ASP	Application Service Provider	
ATM	Asynchronous Transfer Mode	
ATM VC	ATM Virtual Circuit	
BGP	Border Gateway Protocol	
BPON	Broadband PON	
BRAS	Broadband Remote Access Server	BRAS reitittää liikennettä ISP-verkon DSLAM-laitteisiin/laitteilta. BRAS sijaitsee ISP-verkon ytimessä ja jakaa ja jakaa liitännäverkon käyttäjäistuntoja. ISP:n verkkopolitiikan ja IP QoS-palvelujen hallinta toteutetaan BRAS-laitteistossa.
CAPEX	Capital Expenditures	
Cdma450 1xEV-DO	Code Division Multiple Access 450 MHz (3 <sup>rd</sup> Gen) 1x (Voice Opt) EVolution-Data Only	450 MHz:n alueella toimiva kolmannen sukupolven CDMA teknologia joka on optimoitu pelkän datan siirtoon.
CES	Circuit Emulation Service	
CNM	Customer Network Management	
CO	Central Office	
CoS	Class of Service	
CSMA/CD	Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection	
CWDM	Coarse Wavelength Division Multiplexing	
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol	
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification	
DRM	Digital Rights Management	Monipuolinen konsepti erilaisia tekijänoikeuksiin liittyviä mekanismeja ja algoritmeja. Mobiilipalveluihin standardoitu OMA-järjestössä.
DSL	Digital Subscriber Line	
DSLAM	DSL Access Multiplexer	
DSP	Digital Signal Protocol	
DWDM	Dense Wavelength Division Multiplexing	
E1	PCM-pohjainen digitaalinen kanava (2.048 Mbit/s)	
EBGP	Exterior BGP	
EFM	Ethernet to First Mile	
EFMC	EFM Copper	
EFMF	EFM Fiber	
EFMH	EFM Hybrid	
EFMP	EFM PON	
EoVDSL	Ethernet over VDSL	
EPON	Ethernet PON	
EVC	Ethernet Virtual Circuit	
E-WAN	Ethernet-WAN	
FICIX	Finnish Communication and Internet Exchange	
Flash-OFDM	Fast, low-Latency Access with Seamless Handoff – Orthogonal Frequency Division Multiplexing	OFDM on varsinkin langattomissa verkoissa käytetty uusi tehokas taajuusjakotekniikka, missä kanavat saadaan ortogonaalisia signaaleja käyttäen mahdollisimman lähelle toisiaan. Flash-OFDM on uusi tekniikka missä MAC-kerros (Media Access Control) on optimoitu viiveiden kannalta hyvin nopeaksi (Flarion, Inc.). Flash-OFDM tekniikkaa tullaan käyttämään mm. Digitaali langattomassa laajakaistassa taajuusalueella 450 MHz.
FR	Frame Relay	
FSAN	Full Service Access Network	
FSO	Free Space Optics	
FTTH	Fiber To The Home	
FTTx	Fiber To The "x"	
GbE	Gigabit Ethernet	
GPON	Gigabit-capable PON	
HDLC	High-level Data Link Control	

HDTV	High Definition Television	
HFC	Hybrid Fiber Coax	
HSPDA	High-Speed Downlink Packet Access	
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers	
IETF	Internet Engineering Task Force	
IGMP	Internet Group Management Protocol	
IP	Internet Protocol	
IPTV	Internet Protocol Television	
ISDN	Integrated Services Digital Network	
ISP	Internet Service Provider	
JPEG2000	Joint Picture Expert Group 2000	Kuvakompression, koodauksen ja kompression tietoturvatarpeiden uusi entistä tehokkaampi standardikokoelma sekä offline- että online-sovelluksiin (mm. mobiili), missä kompressointi perustuu hyvin tehokkaaseen wavelet-tekniikkaan.
LAN	Local Area Network	
LPC	Link Control Protocol	
L2TP	Layer 2 Tunneling Protocol	
MAC	Media Access Control	
MPCP	MultiPoint Control Protocol	
MEF	Metro Ethernet Forum	
MEN	Metro Ethernet Network	
MGCP	Media Gateway Control Protocol	
MP2MP	Multipoint to Multipoint	
MP3	MPEG layer 3	Äänen koodaus
MP-BGP	Multi-Protocol BGP	
MPEG-4	Motion Picture Expert Group 4	
MPLS	Multi-Protocol Label Switching	Palveluoperaattorin verkkotekniikkaa millä voidaan toteuttaa yrityksille joustavasti suljettuja erilaisia kuljetusprotokollia käyttäviä hajautettuja verkkoja. Yritykset voivat rakentaa MPLS-pilven sisään omia turvapatkua esim. VPN-tekniikalla.
MPLS LSP	MPLS Labeled Switched Path	
MVNO	Mobile Virtual Network Operator	
NAT	Network Address Translation	
NGN	Next-Generation Network	
NNI	Network to Network Interface	
NCP	Network Control Protocol	
NO	Network Operator	
OAM	Operation, Administration, Maintenance	
OLT	Optical Line Termination	
OMA	Open Mobile Alliance	Yksi tärkeimmistä mobiili palvelujen standardointielimistä ( <a href="http://www.openmobilealliance.org">www.openmobilealliance.org</a> )
ONU	Optical Network Unit	
OPEX	Operating Expenditures	
OSI	Open Systems Interconnection	
OSPF	Open Shortest Path First	
OTN	Optical Transport Network	
p2p	Point to Point	
P2P	Peer-to-Peer	
PCM	Pulse Code Modulation	
PDA	Personal Digital Assistant	
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy	
PDH E1	PDH E1-tason PCM-hierarkkia (2048 kbit/s)	
PHY	Physical level	Nimitystä käytetään yleisesti fyysisessä kerroksessa käytetystä mediasta.
PIM-SM	Protocol Independent Multicasting-Sparse Mode	
PON	Passive Optical Network	
PoP	Point of Presence	
POTS	Plain Old Telephone Service	
PPP	Point-to-Point Protocol	
PPPoA	PPP over ATM	
PPPoE	PPP over Ethernet	
PTT	Posts and Telecommunications	
PVC	Permanent Virtual Circuit	
QoS	Quality of Service	
RFC	Request For Comments	IETF:n käyttämä nimitys standardista
RGW	Residential Gateway	
RIP	Routing Information Protocol	
RPR	Resilient Packet Ring	
RSTP	Rapid Spanning Tree Protocol	

RSVP	Resource Reservation Protocol	
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	
SIM	Subscriber Identity Module	
SIP	Session Initiation Protocol	
SONET	Synchronous Optical NETwork	
SP	Service Provider	
SLA	Service Level Agreement	
SNMP	Simple Network Management Protocol	
STM-1	Synchronous Transfer Mode -1 (155 Mbit/s)	
TDM	Time Division Multiplexing	
UDP	User Datagram Protocol	
UDSL	Universal DSL	
UNI	User to Network Interface	
UWB	Ultra Wide Band	
VDSL	Very high-rate Digital Subscriber Line	
VLAN	Virtual LAN	
VoD	Video on Demand	
VoIP	Voice over IP	Esim. nopeasti yleistävä Skype
VPLS	Virtual Private LAN Service	
VPN	Virtual Private Network	
WAN	Wide Area Network	
WDSL	Wireless DSL	
WiFi	Wireless Fidelity	WiFi on globaali yhtenäinen kokoelma WLAN-standardeja, mitkä mahdollistavat kannettavien tietokoneiden ja PDA-laitteiden kytkeytyä missä tahansa maailmassa Internetiin nopeuksilla 54 MBit/s saakka.
WiMAX	Worldwide Interoperability for Microwave Access	3-11 GHz:n välisiä taajuuksia hyödyntävä nopea langaton laajakaistateknologia. Nopeudet tyypillisesti muutamia megabittia sekunnissa (symmetrinen) ja maksimissaan jopa 70 Mbit/s.
WLAN	Wireless LAN	
WLL	Wireless Local Loop	
XML	eXtensible Markup Language	